



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# KUSTANNUSTEHOKKUUDEN KEHITTÄMINEN VESI-HUOLLON SANEERAUKSESSA

TEKIJÄ:       Aleksi Vauhkonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Aleksi Vauhkonen	
Työn nimi Kustannustehokkuuden kehittäminen vesihuollon saneerauksessa	
Päiväys 14.2.2018	Sivumäärä/Liitteet 40/5
Ohjaaja(t) tuntiopettaja Juha Pakarinen ja lehtori Mervi Heiskanen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Destia Oy, Oiva Huuskonen, Infrahoidon kehittämisspäällikkö	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli tutkia vesihuoltoverkon saneerauksen kustannustehokkuutta. Tavoitteena oli saada Destia Oy:lle yleiskuva tämän hetken keskeisimmistä ongelmista saneerauksessa tällä hetkellä. Tutkimuksen tulosten avulla yritys pystyy kehittämään työmenetelmiään saneerauksessa. Lisäksi tavoitteena oli kehittää uusi laskutus pohja saneerauksessa asennetuille vesihuoltotarvikkeille.</p> <p>Aluksi opinnäytetyössä käsiteltiin Varkauden urakkaohjelman sisältöä sekä kirjallisuuden pohjalta vesihuollon saneerausta ja siihen käytettävää perinteistä työmenetelmää. Tämän jälkeen pohdittiin vaihtoehtoisten työmenetelmien käyttökelpoisuutta saneerauksessa. Haastattelusuunnitelma laadittiin tutkimusongelmien pohjalta. Tutkimuksessa haastateltiin henkilöitä, jotka olivat vahvasti tietoisia saneerauksen ongelmista Varkauden -projektilla. Haastatteluihin valittiin työntekijät, työnjohtajat ja asiakas eli Keski-Savon Vesi Oy:n vesihuoltoinsinööri. Jokaiseen haastatteluun tehtiin haastattelurunko etukäteen valmiiksi. Haastattelurungossa oli tärkeimmät aiheet, mitkä oli käytävä läpi haastatteluissa.</p> <p>Tämä opinnäytetyö osoitti, että saneerauksen suurin ongelma on epäluotettavat ja riittämättömät lähtötiedot. Maaperätietojen puutteellisuus aiheuttaa suunnitelmamuutoksia saneeraustyön edetessä ja hidastaen näin työn etene- mistä. Tämä aiheuttaa työn suunnitteluun ja koneohjausmalleihin muutoksia muuttuneiden olosuhteiden puitteissa. Toisena ongelmana on toistuvat vesikatkot saneeraustyön aikana. Vesikatkoja on pyrittävä minimoimaan ja saatava asennettua mahdollisimman paljon uutta vesijohtoa vesikatkon aikana. Laskutus pohja yksinkertaistettiin ja muokat- tiin kahden sivun mittaiseksi. Laskutus pohjaa on muokattava vastaamaan työmaakohtaisia vesihuoltotarvikkeita. Tämän opinnäytetyön avulla yritys pystyy kehittämään vesihuollon saneerausta kustannustehokkaammaksi.</p>	
Avainsanat vesijohtoverkko, saneeraus, työmenetelmät, kunnallistekniikka	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Aleksi Vauhkonen			
Title of Thesis Developing Cost-Effectiveness in Water Supply Renovation			
Date	14 February, 2018	Pages/Appendices	40/5
Supervisor(s) Mr Juha Pakarinen, Lecturer and Ms Mervi Heiskanen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Destia Oy, Mr Oiva Huuskonen, Development Manager			
<p>Abstract</p> <p>The topic of this final year project was to study the cost-effectiveness of reconstruction of water supply network. The purpose was to give the company Destia Oy a general picture of the problems occurring in reconstruction work at the moment. Consequently, the company should be able to improve its ways of working. In addition, the project the company is carrying out in Varkaus should be provided with a renewed billhead.</p> <p>First, literature discussing water supply was studied as well as contract documents to find out about the Varkaus project and working methods. After that, the alternative methods were evaluated. An interview plan was made and persons who knew the problems well were interviewed. The interviewees consisted of employees, foremen and a client who was a water supply engineer working for Keski-Savon Vesi Oy. A framework for each interview was made beforehand. It included the essential topics that needed to be covered.</p> <p>This study proved that unreliable and insufficient information were the biggest problem in renovation. For instance, missing information about soil quality causes changes when the renovation project is progressing. This affects work planning and the machine control models that have to be updated as the changes require. Another problem were frequent breaks in water supply during the renovation work. The number of breaks has to be reduced and as much mains should be laid during each break as possible. The billhead was simplified and made 2 pages long. It has to be edited to meet the materials required on each site. The company will use this thesis when developing the cost-effectiveness on renovation projects.</p>			
<p>Keywords</p> <p>water supply network, reconstruction, working methods, municipal engineering</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Työn tausta ja tarkoitus.....	6
1.2	Työn sisältö ja rajaus .....	6
1.3	Tavoitteet.....	7
2	VARKAUDEN URAKKA-OHJELMAN SISÄLTÖ .....	8
2.1	Urakka-ohjelman vaikutus saneeraukseen .....	8
2.2	Urakkamuoto.....	9
3	SANEERAUKSEN TARVE .....	11
3.1	Materiaalien käyttöikä ja saneerauksen määrittäminen.....	11
3.2	Käytettävät putkimateriaalit.....	12
3.3	Laitteet ja varusteet .....	13
4	VESIJOHDON SANEERAUS AUKIKAIVAMALLA.....	14
4.1	Työsuunnittelu ennen saneerausta .....	14
4.2	Saneerauksen työvaiheet.....	16
4.2.1	Aloittavat työt .....	16
4.2.2	Putkikaivannon kaivaminen .....	16
4.2.3	Vesijohtoputkien liittäminen .....	17
4.2.4	Putkikaivannon täyttö .....	18
5	VESIJOHDON SANEERAUS VAIHTOEHTOISILLA MENETELMILLÄ .....	21
5.1	Pitkäsujutus.....	21
5.2	Muotoputkisujutus .....	22
5.3	Pakkosujutus .....	22
5.4	Sementtilaastivuoraus .....	23
5.5	Suuntaporaus .....	24
5.6	Puristussujutus .....	24
5.7	Yhteenveto vaihtoehtoisista menetelmistä .....	24
6	TUTKIMUSHAASTATTELU.....	26
6.1	Laadullisen tutkimuksen aineistokeruumenetelmä .....	26
6.2	Työntekijöiden haastattelu.....	27
6.3	Työnjohtoon haastattelu.....	28
6.4	Keski-Savon vesi Oy haastattelu.....	32

6.5	Haastattelujen yhteenveto .....	34
7	LASKUTTAMISEN HAASTEET .....	36
7.1	Lähtökohdat .....	36
7.2	Laskutuspohjan uusiminen .....	36
8	JOHTOPÄÄTELMÄT .....	37
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	40
	LIITE 1: UUSITTU LASKUTUSPOHJA .....	41
	LIITE 2: HAASTATTELUSUUNNITELMA .....	42
	LIITE 3: TYÖNTEKIJÖIDEN HAASTATTELURUNKO .....	43
	LIITE 4: TYÖNJOHTAJIEN HAASTATTELURUNKO .....	44
	LIITE 5: KESKI-SAVON VEDEN HAASTATTELURUNKO .....	45

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Työn tausta ja tarkoitus

Vesihuoltoverkoston saneeraaminen on hidasta johtuen lähinnä vanhasta olemassa olevasta yhdyskuntatekniikasta. Pitkään ja hitaasti etenevät saneeraustyömaat haittaavat sekä asukkaita jatkuvien vesikatkojen muodossa, että pääurakoitsijaa alihankkijoiden kustannusten kasvamisena. Ongelmana on myös kiinteiden kustannusten kasvaminen, kuten työnjohdon ja koneiden kustannukset. Vesihuoltoverkostot ovat saneerauksen tarpeessa, ja niihin on kertynyt paljon saneerausvelkaa. Tuoreimmat luvut saneerauksiin käytetyistä rahamääristä on vuodelta 2010, ja silloin saneerauksiin maanlaajuisesti on käytetty noin 120 miljoonaa euroa, kun taas arvioiden mukaan tarve olisi ollut 240 - 360 miljoonaa euroa. Näin ollen tarvittavia saneerauksia on saatu vain puolet tai kolmaosa tarvittavasta verkostopituudesta. (tekniikka ja talous 2017.)

Urakoitsijan asemasta katsottuna työmaat ovat hitaita etenemään ja yrityksen tulosvastuullisuus tuo väistämättä mieleen, kuinka työmenetelmien avulla saataisiin kehitettyä saneerausta kustannustehokkaammaksi ja laadullisesti paremmaksi. Paras rakentamiskausi on lyhyt kestäen huhtikuusta marraskuuhun, ja sen aikana rakentaminen on oltava mahdollisimman tehokasta. Työn tilaajana toimii Destia Oy Varkauden yksikkö. Destia toimii pääurakoitsijana Varkauden kaupungin kunnallistekniikan rakentamisessa ja kesän 2017 aikana oli kaksi suurempaa vesihuollon saneeraustyömaata käynnissä. Kyseessä on tutkimustyö, missä kirjallisuuden, oman työmaakokemuksen, kokeneen työmaahenkilöstön ja urakan tilaajan avulla kerätään aineistoa kustannustehokkuuden kehittämiseen. Opinnäytetyössä selvitetään sopivia työmenetelmiä kuhunkin erilaiseen saneerausmuotoon haastattelujen ja kirjallisuuden pohjalta, mikä helpottaa opinnäytetyön tilaajaa suorittamaan saneerauskohteet jatkossa kustannustehokkaammin. Työn tulokset raportoidaan uudistetun laskutusohjelman avulla, joka selkeyttää laskuttamista sekä listaamalla tärkeimmät tutkimuksen pohjalta tulleet asiat kustannustehokkuuden kehittämisen näkökulmasta.

### 1.2 Työn sisältö ja rajaus

Opinnäytetyössä käsitellään tarkemmin Varkauden kaupungin kunnallisteknisten töiden urakkaohjelman sisältöä ja hankkeen yksikköhintaista maksuperustetta (Urakkaohjelma 2014). Urakkaohjelman selventämisen jälkeen käsitellään vesihuollon saneerauksen tarvetta, työvaiheita, sekä vertailemaan perinteisen menetelmän ja vaihtoehtoisen työmenetelmän eroja vesijohtojen saneerauksessa. Rajaan aiheita käsittelemään vain vesijohtoverkkojen saneeraamista sekä hieman myös hulevesiverkostojen saneerausta, ettei tutkimus kasva liian laajaksi tutkimuksen edetessä.

Opinnäytetyössä vastataan seuraaviin tutkimuskysymyksiin: Saadaanko koneohjauksesta tarpeeksi hyötyä vesihuollon saneerauksessa verrattuna siihen liittyviin kustannuksiin? Saadaanko jatkuvia vesikatkoja vähennettyä työmaalla esimerkiksi vaihtoehtoisten työmenetelmien avulla? Saadaanko kustannuksia pienemmiksi työmaiden välisillä massansiirroilla? Mitkä ovat tärkeimpiä lähtötietoja ura-

koitsijalle, ennen kuin saneerauskohdetta ryhdytään rakentamaan? Voidaanko lähtötietojen hankintaa kehittää? Voidaanko työnsuunnittelun avulla tehostaa tuotantoa?

### 1.3 Tavoitteet

Tärkein tavoite on löytää työmenetelmä, millä vesihuollon saneerauksen asiakkailta saadaan vesikatkot minimiin ja saneeraustyömaa pyörimään ilman turhia odotteluja. Ylimääräinen odottelu on työmotivaation vuoksi hankala asia, ja sen vuoksi työmenetelmän täytyy olla sujuva. Vesijohtojen saneerauksia suoritetaan usein raskaasti liikennöidyillä alueilla sekä alueilla, joissa on tiuhaan talohaaroituksia vesijohdon runkolinjassa. Näihin on löydettävä oma tapansa saneerata kustannustehokkaasti vertailemalla eri saneerausvaihtoehtoja. Toisena tärkeänä tavoitteena on tehdä uusi laskutus pohja, minkä avulla työmailta kerätään tietoa toteutuneista putkikaivantomääristä sekä vesihuolto-tarvikkeista, koska näiden avulla urakoinnin laskutus pääsääntöisesti tapahtuu. Työnsuunnittelu on tärkeässä roolissa ennen saneeraustyön aloittamista ja saneeraushankkeen kustannusten muodostumisen tiedostaminen on tärkeää työn onnistumisen kannalta. Teoriaosuudesta saadun tietoperustan avulla selvitetään tutkimushaastatteluin yleinen tilanne saneeraustyömaille ja niiden perusteella tehdään johtopäätelmät suurimmista ongelmista niiden ratkaisuihin.

## 2 VARKAUDEN URAKKA-OHJELMAN SISÄLTÖ

### 2.1 Urakka-ohjelman vaikutus saneeraukseen

Destia voitti Varkauden kaupungin kunnallistekniikan urakkakilpailutuksen huhtikuussa 2015. Urakka alkoi vuonna 2016, urakka-ajan kestäen 7 vuotta sisältäen mahdollisuuden kolmen vuoden optiolle. (Destia.fi.) Kunnallistekniikan urakka sisältää kunnossapidon ja rakentamisen, missä molemmissa vastuualueissa on omat työmaapäällikkönsä. Kunnossapitourakkaan kuuluvat puisto- ja viheralueiden, muiden yleisten alueiden ja tilapalvelun kohteiden kesä- ja talvihoito. Rakentamisen urakkaohjelma taas pitää sisällään kaupungin vesihuoltoon, ja katu- sekä yleisten alueiden rakentamiseen liittyvät uudisrakennus-, saneeraus- ja vihertyöt. Mikäli Keski-Savon alueella tapahtuu kuntaliitoksia ja tilaajan vastuulle tulevat uudet rakennuskohteet, voi kaupunki liittää ne urakkaan voimassa olevien yksikköhintojen mukaisesti. Omana työnä tehtyihin suunnitelmiin ei kaupunki tee suunnitelma- tai työselityksiä. Urakoitsija saa käyttää osassa töistään Varkauden kaupungin hyväksymää aliurakoitsijaa. Tukimuurien ja ulkovalaistustöiden rakentaminen sähkökytkentää lukuun ottamatta kuuluu urakkaan. Vesihuollon tarvitsemien pumppaamoiden maarakennus- ja asennustyöt sekä liittäminen vesijohtoverkostoon kuuluvat urakkaan sähkökytkentää lukuun ottamatta. Urakkaan kuuluu työsuorituksesta johtuvien töiden katselmusten suoritus ja dokumentointi. (Urakkaohjelma 2014.)

Työtehtävät koostettuna, mitkä eivät kuulu urakkaan:

- Sillat, padot, rautatiet tms. erikoisrakenteet
- sidottujen päällysteiden teko
- Liikennevalotyöt kokonaisuudessaan
- ulkovalaistustöiden sähkötekniset työt
- pumppaamoiden sähkötyöt, käyttöönotto kaukovalvontalaitteistoihin.

Urakoitsijan on omalla kustannuksellaan suoritettava tarvittavat työalueen ympäristössä sijaitsevien kiinteistöjen ja ympäristöalueiden katselmuksat riittävän laajalla alueella. Urakoitsijan on laadittava yksityiskohtainen hankeohjelman mukaisten töiden vuosisuunnitelma yhteistyössä tilaajan kanssa eli työt tulee suorittaa vuoden aikana tämän työaikataulun mukaisesti. Erikseen sovituissa tuntitöinä suoritettavissa kohteissa hinta koostuu miestyötuntien sekä raskaan kaluston tuntihintojen mukaisesti. Urakka-ohjelmaan on lisätty kohta kiinteistöjen tonttijohtojen saneerauksesta, missä tarkennetaan urakoitsijan velvollisuudesta suorittaa vesihuollon runkolinjojen saneerauksen yhteydessä myös tonttijohtojen saneeraus erillisten työtilausten mukaisesti. Näin ollen työmaa ei rajaudukaan vain katualueelle vaan se työtilauksien vuoksi voi jatkua myös kiinteistön puolelle. Tässä tapauksessa kysymyksessä on vanhojen valurautaisten tonttijohtojen saneeraus pitkäsujuuttamalla rakennuksen vierestä vesimittarille asti erillisten työtilausten mukaisesti, koska kahta metriä lähempänä rakennusta tehtävistä töistä sovitaan aina erikseen tilaajan kanssa. (Urakkaohjelma 2014.)

Työhön liittyviin periaatteisiin on mainittu jakavan soran ja murskeen uudelleen käyttämisestä jatkavassa kerroksessa, joten on edullista urakoitsijalle kierrättää mahdollisuuksien mukaan rakenteeseen kelpaavaa routimatonta maa-ainesta. Katu-alueen rajallisesta tilasta johtuen kaivettuja massoja ei



aina pysty hyödyntämään jakavan kerroksen tekemisessä, vaan välillä niitä on myös vietävä maankaatopaikalle ja tuoda vastaavasti uutta soraa tai mursketta tilalle. Tonttikatujen saneerauksen yhteydessä kaivuumaat sisältävät paljon rakenteisiin kelpaamattomia maa-aineksia sisältäen louhetta tai routivia maa-aineksia, mitkä joudutaan kaikki kuljettamaan maankaatopaikalle. Urakkaohjelman mukaan urakoitsijalle ei makseta erillistä korvausta rakenteisiin kelpaamattomien massojen kuljetuksesta kaatopaikalle, ellei maankaatopaikka/läjitysalue sijaitse viittä kilometriä kauempana Varkauden kaupungintalon säteestä. Tätä sädetä kauemmaksi ajettavien ylijäämämassojen kuljetuskustannusten nousu korvataan toteutuneiden kustannusten mukaisesti. Kantavassa kerroksessa on aina käytettävä uusia materiaaleja toteuttaen kantava kerros suunnitelmien tai olemassa olevan rakenteen mukaan. (Urakkaohjelma 2014.)

## 2.2 Urakkamuoto

Varkauden kunnallistekniikan urakkamuotona on kokonaisurakka, jossa maksuperusteena on urakasopimuksen perusteella määräytyvät yksikköhinnat. Näiden tarjouslaskennassa laskettujen ja tarjouksen myötä sitovaksi tulleiden yksikköhintojen perusteella määräytyy rakennuskohteiden loppullinen kokonaishinta. Yksikköhinnat sisältävät kaikki ne työt ja työvaiheet, jotka tarvitaan työn valmiiksi saattamiseksi. Näihin töihin ja työvaiheisiin kuuluu työhön tarvittavat materiaalit, työ kustannukset, katurakenteen palauttaminen ennalleen ja pihoilla kaivaessa pihojen palauttaminen ennalleen kone-työtarkkuudella. Esimerkiksi työhön tarvittavat materiaalit (kaivot 600mm ja 800 mm, putket, betoni, suodatinkankaat) ovat erillisinä yksikköhintoina. (Urakkaohjelma 2014.)

Yksikköhinnat taas eivät sisällä mm. päällystyskustannuksia (sivu-urakka) eikä kiinteistöjen sisällä tehtäviä töitä. Kahta metriä lähempänä rakennusta tehtävät työt sovitaan tilaajan kanssa erikseen. Yksikköhintoja sovelletaan kaikkiin rakennuskohteisiin riippumatta työkohteen laajuudesta, eikä muita yksikköhintoja tai tuntihintoja hyväksytä. Urakan aikana suoritettavat projektit ovat hyvin erilaisia luonteeltaan vaihdellen uudisrakentamisesta saneerauskohteisiin. Tämä lisää haastetta projektien hallitsemiselle, koska yksikköhinnat ovat sitovia koko 7 vuoden urakan ajan. Alle 10 000 € maksaviin rakennuskohteisiin on urakoitsijalla oikeus lisätä 10% lisän kohteen pienuudesta johtuen. Mikäli rakennuskohde on jaettu kahdelle eri vuodelle, maksetaan molemmista jaksoista 10% lisä, vaikka kohteen kokonaishinta ylittäisikin 10 000 €. Kohteen jaksottamisesta kahdelle vuodelle on kuitenkin aina sovittava tilaajan kanssa. Vuoden vaihteen molemmille puolille sijoittuvat hankkeet katsotaan yhdeksi kohteeksi, mikäli työmaa on ollut seisahduksissa enintään 16 viikkoa. Urakoitsijasta johtuvat työmaan keskeytykset eivät koskaan johda kohteen jaksottamiseen.

Urakan kestäessä usean vuoden, tulee myös rakennuskustannukset muuttumaan, joten yksikköhintoja korotetaan maarakennuskustannusindeksiin mukaan. Osakohteiden indeksikorjauslaskut on laskutettava välittömästi indeksien julkaisemisen jälkeen. Määrät on tarkistettava työsuorituksen yhteydessä, minkä jälkeen urakan kokonaishintaa muutetaan todettujen määrämuutosten ja niihin liittyvien yksikköhintojen perusteella. Tilaaja voi ilmoittaa teoreettiset suoritelmäärät suunnitelmista mitattuna, mutta lopullisten työnaikaisten teoreettisten määrien ilmoittaminen kuuluu urakoitsijalle.

Urakoitsijalle maksetaan korvaus tehtyjen töiden perusteella kerran kuukaudessa urakoitsijan määräilmoitusten mukaisesti. (Urakkaohjelma 2014.)

### 3 SANEERAUKSEN TARVE

#### 3.1 Materiaalien käyttöikä ja saneerauksen määrittäminen

Materiaalien vanhetessa on luonnollista niiden muuttuminen vuosien aikana. Metallit syöpyvät, mineraalit rapautuvat, muovimateriaali haurastuu ja puu lahoaa. Näillä prosesseilla tarkoitetaan materiaalin fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien muuttumista ajan ja ulkoisten tekijöiden vaikutuksesta. (Uponor 2009, 18.) Vesihuoltoverkoston saneerauksia tehdään pääsääntöisesti putkistojen rakenteellisen kunnon ja toimivuuden parantamiseksi. Rakenteellisia syitä ovat:

- putkien rakenteen heikkeneminen
- putkien rikkoutuminen esimerkiksi painumien seurauksena
- tiivisteiden rappeutuminen
- putkiston sisä- ja ulkopuolinen korroosio
- putkistoihin liittyvien laitteiden, kuten venttiilien kunnon heikentyminen
- materiaaliviat sekä vanheneminen
- routimisen vaikutus ulkopuolisena kuormituksena putkeen

Toiminnallisia syitä taas ovat:

- Toimintahäiriöt, kuten painenvaihtelut ja veden laadun vaihtelut
- Putken hydraulisen karkeuden kasvu (saostumat) aiheuttaen putkiston kapasiteetin laskua. Havainnollistettuna kuvassa 1.
- Putkiston mitoitus on virheellinen eli sitä ali- tai ylikuormitetaan
- Kunnossapidon ja korjausten lisääntynyt tarve. (Rakennustietosäätiö 2013, 3-4.)



KUVA 1. Valurautaisen vesijohdon kiinteitä saostumia (Vauhkonen 2017-08-15)

Saneerauksen periaatteena on uusitun johdon täyttävän vähintään uudisrakentamisessa käytetyt lujuusvaatimukset, mikä esimerkiksi vesijohdoissa tarkoittaa paineluokkaa PN10. Uponorin valmistamat paine- sekä viemäriputket on mitoitettu jopa 100 vuoden käyttöikävaatimukselle, mikäli putkia käytetään normaaleissa olosuhteissa ja ne on asennettu oikein. VTT:n (2013) julkaiseman tutkimuksen mukaan putkistojen saneeraustarpeita on mietittävä teoreettisen käyttöiän lisäksi myös putkeen kohdistuneiden rasitusten mukaisesti. Näitä ovat esimerkiksi veden laatu, maaperäolosuhteet, mikrobiologiset ilmiöt ja putken asennustyön laatu. (Uponor 2009, 18; Vtt.fi 2013, 3.) Näin ollen verkosto ei automaattisesti ole saneerauskunnossa 50 vuoden käyttöiässä hyvissä käyttöolosuhteissa, kun taas vastaavasti 20 vuoden ikäinen verkosto vaativissa käyttöolosuhteissa voi tulla käyttöikänsä päähän. Tärkeää on kiinnittää huomio saneerauksen aikana putkien sekä liitososien laadukkaaseen ja huolelliseen asentamiseen.

Saneerausvelka käsitteenä tarkoittaa rahamäärää, joka verkostoon tulisi investoida, jotta verkosto saataisiin uusittua kohtuulliselle tasolle. Teoreettinen saneerausvelka lasketaan, kun verrataan esimerkiksi kunnassa 1960 vuoteen mennessä rakennettua verkostopituutta ja verrataan sitä 40 vuotta myöhempään ajanjaksoon, eli vuoteen 2000 saneerattuun verkostopituuteen. Mikäli tämä vuoteen 2000 saneerattu verkostopituus jää alle vuoden 1960 verkostopituuden, on tällöin saneerausvelkaa kertynyt. Saneerausvelasta puhuttaessa ongelmana ei ole vanhat valurautaiset verkostot vaan nopean kaupungistumisen vuoksi huonolaatuiset verkostot, jotka eivät ole nykyajan vaatimustenmukaisia. Tällä hetkellä saneerausvelkaa kasvattaa paitsi vähäinen saneeraus myös osittain väärissä kohteissa tehty verkostojen uusiminen. (Vtt 2013, 3-25.)

Saneerauksen tarpeen määrittelyssä on kiinnitettävä huomiota nykytilaan ja miettiä verkon perustietojen avulla saneerauksen todellista tarvetta. Näistä keskeisimpiä lähtötietoja ovat mm. putkiristeilyt, putkikoot ja paineluokat, maaperätiedot, varusteet ja laitteet, rakentamisvuodet eri putkiosuukilla, vikahistoria, tonttijohtojen määrä, työskentelyolosuhteet ja muiden infrarakenteiden samanaikainen uusiminen. Hulevesiverkoston puute auttaa myös saneerauspäätöksessä, koska sen avulla parannetaan katualueen kuivatusta sekä pienennetään jätevedenpuhdistamon kuormitusta poistamalla alueelta sekaviemärointi johtamalla hulevedet hulevesiverkostoon ja jätevedet jätevesiverkostoon. Kadun perusparannuksen yhteydessä tehty vesihuollon saneerauspäätös voi joissain tapauksissa väärin todellista vesihuollon saneeraustarvetta, mikäli putkistojen todellista saneeraustarvetta ei ole tarkemmin tutkittu (Rakennustietosäätiö 2013, 4; Vtt 2013, 3).

### 3.2 Käytettävät putkimateriaalit

Pääsääntöisesti vesijohtomateriaaleina käytetään muovia, valurautaa, terästä, asbestisementtiä ja betonia. Ennen yleisimmät putkimateriaalit olivat valurauta- ja teräsputket, kun taas nykyään niiden rinnalle kilpailijaksi on tulleet muovimateriaalit. Tällä hetkellä jopa 90 % maahan asennetuista putkista on muovia. Muovimateriaalien etuina katsotaan olevan korroosion kestävyys, helpompi asennettavuus, käsiteltävyys sekä kilpailukykyinen hinta. Muovimateriaaleina paineellisissa putkilinjoissa käytetään polyvinyylikloridia (PVC) ja polyeteeniä (PE). PVC putkimateriaalin liitokset ovat kumitiivisteellisiä muhviiliitoksia putkien vakioipituuden ollessa 6 metriä. PE putkimateriaalit ovat muhvitomia,

mitä liitetään pusku- tai sähköhitsaamalla, mekaanisilla liitoksilla tai laipoilla. Suurempi läpimittaiset PE putkimateriaalit toimitetaan 6 - 12 metrisinä salkoina ja pienemmät 100 - 200 metrin kieppeinä. Tarvittaessa esimerkiksi sujutukseen voidaan  $\leq 160$  mm putket toimittaa suurkeloilla. PVC- ja PE-paineputket on tarkoitettu maa-asennuksiin vesijohtoputkiksi sekä paineviemäreiksi. PE-putket on tuettava huolellisesti liitoksien kohdista, jottei liitokset irtoa toisistaan pituuslaajenemisen ja supistumisen seurauksesta. Pituuslaajenemista tai supistumista tapahtuu varsinkin silloin, kun asennus on suoritettu lämpimänä päivänä. PE-putkia voi taivuttaa loivia suunnanmuutoksia varten huomioiden, että suurin sallittu kulmapoikkeama muhviiliitoksessa on kaksi astetta. (Uponor 1990, 117; Karttunen 2004, 306; Uponor 2009, 175-179.)

Valurauta materiaalina syöpyy hitaasti aggressiivisemmissakin ympäristöissä sekä on mekaanisesti lujaa. Valurauta on kallista ja sen käyttö on perusteltua, mikäli korjaaminen tai uudelleen rakentaminen tulee kalliiksi liikennejärjestelyjen tai kadun päällysteen vuoksi. Lisäksi valurauta putkimateriaalina on painava ja vaatii vähintään tyydyttävät pohjaolosuhteet. Teräsputket tulevat kysymykseen lyhyen käyttöikänsä vuoksi alueilla, joissa tarvitaan suurikokoisia putkia, alueella paljon liikenteen aiheuttamaa tärinää tai rakennuspohja on huono. Teräsputken heikkous on korroosio, jonka etenemistä saadaan hidastettua käsittelyn avulla vain osittain. Eri putkimateriaaleille on paljon valintaperusteita, kuten korroosiokestävyys, tiiviys, hankinta-, asennus- ja käyttökustannukset. Kuitenkin tärkeintä olisi minimoida huolto- sekä asennuskustannukset valitsemalla putkimateriaaleiltaan, paineluokiltaan sekä putkikooltaan mahdollisimman paljon samanlaisia putkia. (Karttunen 2004, 306-316.)

### 3.3 Laitteet ja varusteet

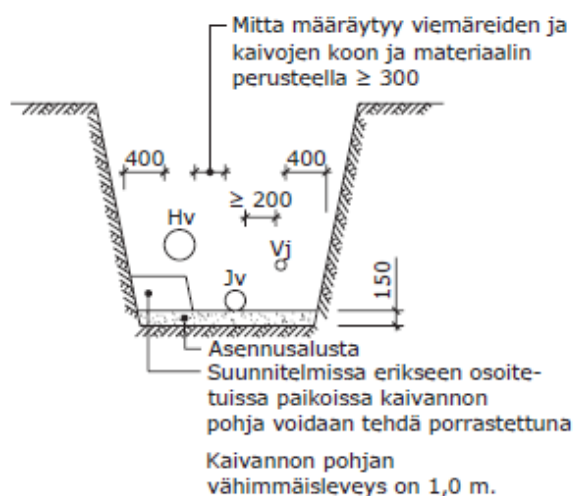
Vesijohtoverkostoissa tarvitaan sulk-, yksisuunta-, huuhtelu-, ilmanpoisto- ja paineenalennusventtiileitä, palo- ja vesiposteja sekä pumppaamoja. Näistä käsitellään vain sulkuventtiilejä niiden suuresta vaikutuksesta saneerauksen onnistumiseen. Sulkuventtiilien avulla saadaan vesipaine laskettua halutulta verkoston vaikutusalueelta, kun suoritetaan verkoston liitostöitä. Sulkuventtiilejä on sijoitettava verkostoon mahdollisten putkivaurioiden sekä korjaus- ja liitostöiden vuoksi mahdollisimman runsaasti, jotta jakeluhäiriö voidaan rajata pieneksi. Runkolinjassa on venttiilejä sopivasti, mikäli vuoto-kohta voidaan eristää sulkemalla 3 - 5 venttiiliä. Lisäksi on huomioitava, ettei pientaloalueella jää ilman vettä yli 40 taloa tai kerrostaloalueella yli 10 taloa venttiilejä suljettaessa. Sulkuventtiilit on sijoitettava mahdollisuuksien mukaan pois liikennealueelta liikenteen häiritsemisen minimoimiseksi kuitenkin niin, että ne löydetään talvella esimerkiksi merkkikilpien avulla. Talojohtoihin on asennettava aina sulkuventtiili. Sulkuventtiili voidaan asentaa joko maahan tai kaivoon, mutta tärkeimmät runkolinjan venttiilit on huoltotöiden helpottamiseksi hyvä sijoittaa kaivoon. (Karttunen 2004, 316-322.)

## 4 VESIJOHDON SANEERAUS AUKIKAIVAMALLA

### 4.1 Työsuunnittelu ennen saneerausta

Vanhat vesijohtolinjat sijaitsivat usein katurakenteiden alla, jolloin on huomioitava ennen saneeraukseen ryhtymistä liikenteen tilantarve kaivannon leveyden puolesta. Viheralueella katualueen reunalla sijaitsevan verkoston saneeraus tuo ongelmia taas viereisten tonttirajojen läheisyys ja kaivannon luiskien ulottuminen katualueen ulkopuolelle. Kaivannossa työskentelemisen vuoksi kaivannon pohjan minimileveys on yksi metri ja esimerkiksi karkearakeisissa maalajeissa kaivannon syvyyden ollessa roudattomassa syvyydessä eli yli kahdessa metrissä, maakaivannon luiskan kaltevuus on tällöin luokkaa 1:1:n ja 2:1:n välillä (InfraRYL 2010, 197). Näiden asioiden vuoksi liikenteen vaatima tila jää nopeasti kapeaksi saneerauksen aikana, mikä on huomioitava työsuunnittelussa liikennejärjestelyn osalta. Tarvitseeko saneerauksen aikana järjestää kiertotie vai saadaanko kaivanto mahdollitettua katua katkaisematta esimerkiksi tietä levantämällä ojan puolelle.

Toisena vaihtoehtona luiskattuihin kaivantoihin on tuetut kaivannot mutta saneerauskohteessa, missä on paljon olemassa olevaa tekniikkaa sekä runkolinjan tonttiliittymiä, on suuri riski hajottaa putkilinjoja tai kaapeleita tukiseinien asennuksen aikana. Tämän lisäksi tuettujen kaivantojen vaatimat valmistelutyöt vievät aikaa itse saneeraustyöltä, joten saneerauskohteissa tuettujen kaivantojen avulla saneeraaminen on oltava hyvin perusteltua. Perusteita tuetulle kaivannolle on mm. liikenteen aiheuttama liiallinen tärinä, luiskissa helposti sortuva maalaji, luiskien vaatima tilanpuute tai poikkeuksellisen suuri asennussyvyys. Suurissa asennussyvyyksissä tukemattomissa kaivannoissa kaivettavien maa-aineksien määrä kasvaa ja niiden läjittäminen sekä käsitteleminen tuovat lisähaastetta saneeraukseen. Tällöin on tapauskohtaisesti vertailtava luiskatun ja tuetun kaivannon eroja työturvallisuuden ja kustannustehokkuuden näkökulmasta. (Vähäaho 1986, 464.)



Luiskakaltevuudet määritellään kaivantosuunnitelmassa.  
Ohjeelliset kaltevuudet esitetään taulukoissa  
16200:T1 ja 16200:T2.

KUVA 2. Tukemattoman kaivannon vähimmäismitat (InfraRYL 2010, 197)

Saneerauksen työsuunnittelussa on huomioitava vedenjakelun katkaisemisen vaikutus alueen vedenkäyttäjille. Erityisesti on huomioitava veden saanti saneerauksen aikana alueilla, joissa sijaitsee teollisuusalueita tai sairaaloita, missä puhtaan veden saanti on välttämättömyys toiminnan jatkumiselle. Tällaisilla alueilla on yhtenä vaihtoehtona rakentaa väliaikainen vedenjakelu käyttöön jäävistä verkoston osista pystyputkilla, paloposteilla, maanpäällisellä väliaikaisella verkostolla tai vedenjakelusäiliöllä. Tällaisen väliaikaisen vedenjakelun ehtona on kaluston soveltuvuus vedenjakelun käyttöön ja niissä käytettävien materiaalien on täytettävä talousvedelle asetetut viranomaisvaatimukset. Väliaikainen vedenjakelu ei saa aiheuttaa haittaa liikennejärjestelyille, ja sen vuoksi maanpäällisen verkoston liittymien ylitysratkaisut on suunniteltava etukäteen. (Rakennustietosäätiö 2013, 5.)

Verkoston käyttäjien tiedottaminen kuuluu sekä saneerauksen tilaajalle kuin myös urakoitsijalle. Kokonaisvastuu tiedottamisesta kuuluu pääsääntöisesti tilaajalle, joka kohdistaa tiedottamista asiakkaisiinsa. Työn suorittaja eli urakoitsija vastaa työmaatiedottamisesta, jonka pitää olla yhteneväistä tilaajan informaation kanssa. (Rakennustietosäätiö 2013, 5.) Saneerauksen tilaaja eli vesihuoltolaitos kartoittaa hyvissä ajoin ennen saneerauksen aloittamista tonttijohtojen saneerauksien määrän runkolinjan saneerauksen yhteydessä. Tällä tavoin verkoston käyttäjille tulee tietoon saneerauksen lähestyminen ja vaikutus mahdollisiin vedenjakelun keskeytyksiin. Urakoitsijan on hoidettava työn aikana tiedotus vedenjakelun keskeytyksistä vähintään vuorokautta ennen jakelun keskeyttämistä. Saneerauksen vaikutuksen alueella urakoitsijan on hyvä myös ilmoittaa millä aikataululla saneerataan, kuinka usein vesikatkoja on odotettavissa ja onko tiedossa tilapäisiä liikennejärjestelyjä. Kokemuksen perusteella tiedottaminen on aloitettava mieluummin liiankin ajoissa, ja muistuteltava verkoston käyttäjää uudelleen, kuin että vesikatko tai muu tilapäinen liikennejärjestely tulee yllätyksenä.

Vanhan käytössä olevan runkolinjan kunto, sijaintitiedot sekä venttiilien toimivuus ovat tärkeitä lähtötietoja saneerauksen kannalta. Vesijohdoista puhuttaessa ei linjan sisäpuolista todellista kuntoa pystytä näkemään kuin katkaisemalla putki ja kuvaamalla saneerattava osuus. Kunnon puolesta vanhan linjan tonttijohtoineen on kestävä paineellisen saneerauksen ajan, mikäli ei ole käytössä väliaikaista vedenjakelua, jolla turvataan vedenjakelu kiinteistöille. Sijaintitiedot ovat tärkeitä työsuunnittelussa, että vältetään olemassa olevien vesihuoltoverkkojen tai kaapelien turha rikkominen. Vesihuoltoverkko- sekä kaapelikartat saa tulostetussa muodossa verkon haltijalta, mutta sähköiset kartat yhdessä koneohjauksen kanssa on yksi kehittämisen aihe saneerauksessa. Ongelmana vanhoissa vesihuoltoverkoissa on myös, ettei niitä ole kartoitettu asentamisen jälkeen, ja siksi vesihuoltokarttaan ei aina ole täysin luottaminen. Eräs tapa, millä voidaan paikantaa vanhan verkoston sijaintia, on sujuttaa verkostoon lähetin, jota seurataan maan päällä vastaanottimen avulla (Uponor 2009, 263). Toinen varma tapa likimääräiseen sijaintitietoon on seurata venttiilien sijaintia ja arvioida verkoston sijainti runko- ja taloventtiilien perusteella. Tällä tavalla tiedetään verkoston sijainti, mutta verkoston korkeusasema voi vaihdella useilla metreillä oletetusta syvyydestä. Vesijohtojen saneerauksessa venttiilit ovat tärkeä asia, millä voidaan eristää mahdollinen vuotokohta tai tehdä liitostyö käytössä olevaan linjaan. Venttiilien kohtaan kertyy ajan saatossa kiinteitä saostumia, jolloin niiden sulkeminen voi tulla haasteelliseksi. Runkolinjan venttiilien

toimivuus on hyvä varmistaa etukäteen, koska vesivuodon tai putken rikkoutumisen seurauksena pahimmillaan joudutaan katkaisemaan laajemmalta alueelta vesi venttiilien toimimattomuuden vuoksi.

## 4.2 Saneerauksen työvaiheet

### 4.2.1 Aloittavat työt

Aluksi leikataan asfaltti ja puretaan kiveykset vähintään 0.2 m pois päin suunnitellun saneeraus-kaivannon reunoilta. Varsinainen vesijohdon saneeraus aloitetaan kaivamalla esiin saneerattavan vesijohtolinjan aloituskohta auki. Liitostyötä varten vesipaine on saatava laskettua sulkemalla tarpeeksi monta sulkuventtiiliä vesijohtolinjasta. Ennen venttiilien sulkemista on selvitettävä kiinteistöjen määrä, jotka jäävät ilman vettä liitostyön ajaksi. Vesipaineen laskemisen jälkeen halkaistaan esimerkiksi polttomoottorisahan avulla saneerattavan linjan kohdalta käytössä oleva runkolinja ja liitetään tämä uuteen saneerattavaan linjaan. Vanhan runkolinjan saneerattavan alueen puolelle jäävä linjan pää tulpataan vesijohtoihin tarkoitetulla toleranssi tulpalla. Uutta linjaa lähdetään rakentamaan putkisalko kerrallaan suunnitelmien mukaan. Uuden putkilinjan päähän voidaan asentaa toleranssitulppa, minkä avulla linjaan saadaan vesipaine päälle, kun tarvittavat hitsaustyöt jäähtymisaikoineen on suoritettu. Näin voidaan rakentaa uutta saneerattavaa linjaa paineistettuna sekä pitämään vesipaine myös vanhassa linjassa tarjoten vettä kadun varren kiinteistöille. Tällä tavalla vältetään väliaikaisen vedenjakelun järjestämiseltä ja saadaan kadun varrella olevat kiinteistöt liitettyä välittömästi uuteen linjaan. Tässä saneeraustavassa vanha runkolinja jätetään saneerauksen päätyttyä paineettomaksi kadun alle ja maanpintaan nousevat runkoventtiilin karanjatkat katkaistaan ehkäisemään epäselvyyksiä tulevia saneerauksia tai korjauksia varten. Kiinteistöt voidaan liittää uuteen linjaan joko vesipaineellisenä porasulun avulla tai paineettomana silloin, kun tehdään putkien liitostöitä ja linja on jouduttu tyhjentämään vedestä. (Infratec 2013, 3-4.)

### 4.2.2 Putkikaivannon kaivaminen

Kaivannon pituuteen vaikuttaa lähinnä vesijohdon pituus, joka vaihtelee salkopituuksien ollessa 6 - 12 m ja suurkeloina jopa 50 - 100 m. Putkirakenteiden perustaminen voidaan tehdä perusmaan varaan maaperän ollessa painuma- ja kantokykyominaisuuksiltaan vastaavaa kuin tasauskerroksessa käytettävä materiaali. Tällaisia maaperätyyppejä ovat mm. vähäkivinen harjuaines ja pohjavedenpinnan yläpuoliset hiekka- ja moreenimuodostumat. Mikäli on epäiltävissä epätasaista painumista tai asennusvaikeuksia, voidaan käyttää arinarakenteita. Erilaisia arinarakenteita on suodatinkankaan ja sora- tai mursketäytön yhteisvaikutus sekä puutavara. Arinarakenteena voi olla myös teräspöimulevy tai teräsbetoni laatta, mikäli putket ovat halkaisijaltaan suuria tai pohjamaan kantavuus on heikko. Kivisyys vaikuttaa tasauskerron paksuuteen, mutta arinarakenteen paksuus on oltava kuitenkin vähintään 0,15 m. Asennettavien putkien etäisyys kaivannon reunaan on oltava vähintään 0,2 m ja kaivoon 0,3 m. Kaivannon leveydessä on huomioitava tiivistyskaluston tarvitsema tila putken vierellä, joka on pienelläkin tiivistyskalustolla vähintään 0.3 - 0.4 m. (Uponor 1990, 143-144; InfraRYL 2010, 17.)



Putkikaivanto on hyvä pitää mahdollisimman lyhyenä varsinkin, jos kadulla on paljon tonttiliittymiä tai liikenne on vilkkaampaa. Tonteille pääsy kaivannon yli mahdollistetaan tarpeen vaatiessa ajorampeilla, mutta ajoramppien asentamisessa kapeilla tonttikaduilla on omat haasteensa. Haasteina on kadulle jäävän tilan leveys sekä liikenneturvallisuus, koska ramppien päät on ulotettava tarpeeksi pitkälle kaivannon kummaltakin reunalta. Kaivantojen pituutta voi määrätä myös urakkaohjelman sisällön asettamat rajoitukset. Putkien liittämisen helpottamiseksi putkien päiden on oltava näkyvissä vähintään 0,5 m, mikä on huomioitava kaivannon pituudessa kaivamisen yhteydessä. Putkikaivannon syvyys perustuu siihen, onko mahdollista viedä linja roudattomaan syvyyteen. Jos roudattomaan syvyyteen ei päästä, on käytettävä lämpöeristettä tai kaapelilämmitystä putken jäätyksen estämiseksi. Minimi peitesyvyys routaeristettynä riippuu putken materiaalin tai liikenteen kuormituksen aiheuttamista lujuustekijöistä. (Karttunen 2004, 321, Infratec 2013, 3.)

#### 4.2.3 Vesijohtoputkien liittäminen

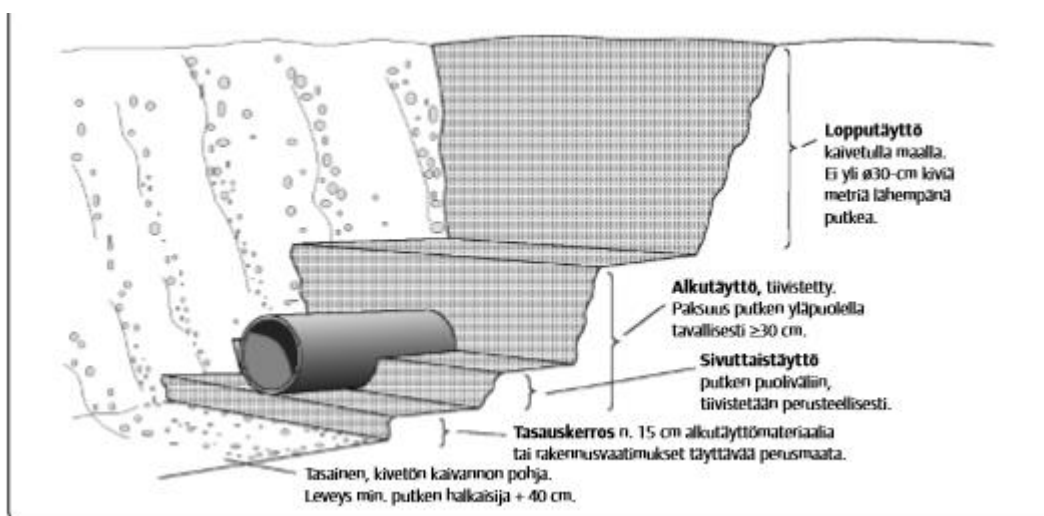
Paineputkia voidaan liittää toisiinsa sähköhitsaamalla, puskuhitsaamalla, tiivisteellisellä muhviiliitoksella, laippaliitoksella ja mekaanisin liitoksin. Muoviputkien hitsaajien on oltava päteviä ja heidän on suoritettava muoviputkihitsauskoulutus. Sähköhitsaamiseen tarvitaan erillinen sähköhitsausmuhvi, jonka sisällä on metallinen vastuslanka. Kytettäessä langan virtalähteeseen, vastuslanka lämpenee sulattaen ympärillä olevan PE-materiaalin. PE-materiaalin laajetessa, pieni osa sulaa materiaalia puristuu ns. kylmävyöhykkeille, missä se jähmettyy sulkemalla tällä tavoin hitsausalueen. Metallilangan luovuttama lisälämpö tuottaa edelleen sulaa materiaalia aiheuttaen paineen hitsausalueella. Yleensä sähköhitsausmuhveissa on indikaattori osoittamassa riittävää hitsauspainetta. Indikaattoritappi nousee ulos tai pieni määrä PE-materiaalia puristuu indikaattorirei'istä ulos, mikä osoittaa riittävän hitsauspaineen toteutuneen hitsauksen aikana. Sähköhitsauksen onnistumisen sekä lujuusominaisuuksien kannalta oleelliset asiat ovat hitsauspintojen puhtaus ja pintakerroksen poistaminen pyörivää kaapimistyökalua käyttäen, pintojen on oltava kuivia ja putket oltava oikealla pistosyvyydellä kohtisuoraan katkaistuina. Hitsauksessa on noudatettava putkiyhteen valmistajalta annettuja hitsaus- ja jäähdytysaikoja. Sähköhitsausmuhvin on oltava tiukasti kiinnitettynä putkiin koko hitsauksen ajan tukemalla putket ja putkiyhde tukevasti. Huomioitavana on, mikäli muhvin asennuksessa on vaikeuksia, voi se johtua putken standardinmukaisen soikeuden ylittämisestä. Putken soikeutta voidaan pienentää suurissa putkihalkaisjoissa pyöritystyökalun avulla, mutta halkaisijaltaan alle 250 mm putkissa soikeus ei juurikaan tuota ongelmia. Sähköhitsauskoneita on lukuisia osan ollessa automaattisempia, jolloin hitsaukseen tarvittavat parametrit hitsauskone tunnistaa sähköhitsausmuhvin tunnistettaessa. Vanhemmissa hitsauskoneissa hitsaajan on lisättävä parametrejä putkiyhteen valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Mikäli hitsauksessa käytettävät putket ovat suojakuorellisia, poistetaan suojakuori ja suoritetaan hitsaus mahdollisimman nopeasti kuorimisen jälkeen. Koko hitsauksen aikana ei putkia eikä putkiyhdetä saa liikuttaa. (Muoviteollisuus, 4-7.)

Puskuhitsauksessa työskentelypaikan on oltava tarpeeksi tilava, että putkien päät saadaan helposti laitettua hitsauskoneeseen. Hitsauskoneet jaetaan kahteen päätyyppiin, joista toinen on käsikäyttöiset hitsauskoneet ja toinen automaattiset hitsauskoneet. Käsikäyttöisissä koneissa hitsaaja tekee tarvittavat työvaiheet valittujen hitsausparametrien mukaisesti, kun taas automaattisessa hitsausko-

neessa kone tekee tarvittavat hitsausvaiheet ohjelmoinnin perusteella. Puskuhitsauksessa tasaisesti höylättyjen putkien päät lämmitetään hitsauskoneen avulla, jotta muoviaines putkien päissä saadaan puolijuoksevaksi massaksi. Puolijuoksevaksi massaksi saatujen putkien päät liitetään toisiinsa paineen avulla puristamalla putkia suurella voimalla toisiaan vasten. Hitsausliitoksen vaadittu lujuus saavutetaan vain, kun hitsattavat pinnat ovat puhtaita, hapettumattomia ja sulatus sekä yhteenpuristus on tehty oikein. Puristamisen jälkeen liitoksen annetaan jäähtyä, minkä jälkeen liitos on yhtä luja kuin muiltakin putken kohdilta huolellisesti ja oikeilla parametreilla tehtynä. Erityisesti hitsausliitoksen purseen on oltava selkeä, yhtenäinen ja pyöreä. Liitoksen teko vaatii erityistyökaluja, mutta itse työsuoritus on nopea ja hitsauksen jälkeen puskuhitsausliitoksella on käytännöllisesti sama lujuus kuin putkella. (Muoviteollisuus, 3-20.)

Kumi- ja muovirengastiivisteellisiä muhviiliitoksia tehdään valurauta-, teräs- ja PVC-putkille. Muhviliitos on nopea ja helppo asentaa, kun muhvitoman putken pää työnnetään tiivisteellisen muhvipään sisään. Muhvitoman putken pää viistetään liittämisen helpottamiseksi. Putken pistopäähän ohuesti levitetty liukuaine helpottaa asennusta, kun taas tiivistettä tai muhvia ei saa voidella. Ennen liittämistä pistopäähän merkataan muhvin syvyyden osoittama merkki, minkä jälkeen pistopää työnnetään muhvilisen putken sisään. Työntäminen on tehtävä käsivoimin tai rautakangella avulla, jolloin putken pää on suojattava puunpalalla. Mikäli putkikaivannon pohjalta ei saa riittävästi tukea, voidaan apuna käyttää kaivinkoneen kauhaa, kun putken ja kauhan välissä on suojus. Liittämisen jälkeen liitos kestää vesipaineen. Laippaliitoksessa laipan kaulus hitsataan putken päähän ja kiinnitetään irtolaipalla, pulteilla sekä muttereilla toisen putken päässä olevaan vastaavanlaiseen irtolaippaan. Laippa materiaalina käytetään eri teräslaatuja sekä valurautaa. Mekaanisessa liitoksessa PE-putket liitetään mekaanisten liittimien avulla toisiinsa. Liittimien materiaaleina käytetään valurautaa, terästä ja pienemmissä kokoluokissa muovia. Kaikki liittimet eivät kestä vetoa, mikä on huomioitava työsuorituksen aikana. (Karttunen 2004, 313; Uponor 2009, 206-210.)

#### 4.2.4 Putkikaivannon täyttö



Kuva 3. Putkikaivannon täyttövaiheet (Uponor 2009, 6)

Vesijohdot ja viemärit asennetaan tasauskerroksen päälle, josta käytetään myös nimitystä asennus-  
alusta. Tämän tasauskerroksen avulla putkien painumaa pienennetään kantavuutta parantamalla se-  
kä saadaan putken kuormitus jaettua tasaisesti laajemmalle alueelle pohjamaahan. Tasauskerroksel-  
la myös muotoillaan putkikaivannon pohja oikeaan muotoon, minkä avulla putki saadaan suunnitel-  
tuun korkoon ja kaltevuuteen. Tasauskerroksen tiiviysastevaatimus on keskimäärin 90 %. Tiivistys-  
työ on tehtävä koneellisesti, ellei siitä muodostu pohjaolosuhteisiin haittaa. Tasauskerron paksuus  
on oltava vähintään 150 mm. Muoviputken tasauskerrosmateriaalina käytettävän hiekan tai soran  
suurin sallittu raekoko ( $d_{\max}$ ) määräytyy putken ulkohalkaisijan ( $d_e$ ) mukaan:

- $200 \text{ mm} \leq d_e \leq 600 \text{ mm}$ ,  $d_{\max} = 0,1 * d_e$
- Putken ulkohalkaisijan ollessa yli 600 mm  $d_{\max}$  on aina 60 mm
- Putken ulkohalkaisijan ollessa alle 200 mm  $d_{\max}$  on aina 20 mm
- Murskattua kiviainesta saa käyttää, kun putken ulkohalkaisija on  $\geq 110 \text{ mm}$
- Murskeen suurin raekoko on kuitenkin aina 16 mm. (Uponor 1990, 144.)

Mikäli käytetään betoniputkia, on enimmäisraekoko  $\leq 300 \text{ mm}$  putkissa 63 mm ja  $>300 \text{ mm}$  putkis-  
sa 100 mm. Käytettäessä teräs- tai valurautaputkia on vältettävä tuhkaa, kuonaa tai muuta korroo-  
siota aiheuttavaa materiaalia tasauskerroksessa tai alkutäytössä. (InfraRYL 2010, 271-272.)



KUVA 4. Vesijohdon ja huleveden sijoittaminen samaan kaivantoon (Vauhkonen 2017-07-14).

Alkutäytön tarkoituksena on vaikuttaa putken muodonmuutoksiin ja kestävyysparantavalla tavalla. Etenkin putken sivujen tiivistäminen tukee putkea mahdollisimman tasaisesti ympäriltä ja yläpuolelta tulevia kuormituksia vastaan sekä ehkäisee pistekuorman syntymistä. Alkutäytön materiaali ei saa vahingoittaa putkia tai liitosmateriaalia. Alkutäytön materiaalin on täytettävä samat vaatimukset suurimman raekoon suhteen kuin asennusalustan materiaalin. Alkutäyttö ulotetaan vähintään 150 mm putken laen yläpuolelle putken ulkohalkaisijan ollessa enintään 160 mm. Näitä putkia suurempien alkutäytön arvo on 300 mm. Erityistä huomiota on kiinnitettävä putken alemman puoliskon täyttöön ja tiivistykseen. Koneellinen tiivistys on sallittua putken päällä vasta sitten, kun täyttöä on vähintään 300 mm. Alkutäytön pienin sallittu tiiviysastevaatimus on 92 %. (Uponor 1990, 145; InfraRYL 2006, 272-277.)

Lopputäytön vaatimukset ovat erilaisia riippuen sijaitseeko putkilinja liikennealueella vai viherkaistalla. Liikennealueella rakenteet tehdään olemassa olevien tai suunniteltujen rakenteiden mukaisesti. Viherkaistalla lopputäyttöön voidaan käyttää kaivumaita, kun huomioidaan seuraavat seikat: Putken laelta mitattuna 1,0 m paksussa kerroksessa ei saa olla yli 300 mm kiviä, koska kivet voi aiheuttaa pistekuormituksia ja muodonmuutoksia putkelle. Suurin sallittu raekoko on 2/3 kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta ja materiaalin on oltava sekarakeista tiivistysastevaatimuksen aikaansaamiseksi. Liikennealueilla lopputäytön pienin sallittu tiiviysmittauksen tulos on 88 %, kun taas viherkaistoilla lopputäyttö voidaan jättää tiivistämättä ottamalla huomioon painumavara. (Uponor 1990, 145; Uponor 2009, 61.)

## 5 VESIJOHDON SANEERAUS VAIHTOEHTOISILLA MENETELMILLÄ

### 5.1 Pitkäsujutus

Pitkäsujutusmenetelmässä saneerattavan putken sisään vedetään yhtenäinen muoviputki. Pitkäsujutuksessa käytetään standardin mukaisia muoviputkia, mutta myös muut materiaalit, kuten teräs ja valurauta ovat mahdollisia sujuttamiseen. Sujutusputken on kuitenkin kestävä sujuttamisen aikana syntyviä veto- ja työntövoimia. Putkikoko rajoituksia ei ole, mutta putken naarmuuntumisen ehkäisemiseksi on hyvä käyttää suojakuorellista sujutusputkea. Ennen asennusta saneerattava putki huuhdellaan ja puhdistetaan kiinteistä saostumista ja mahdolliset sujutusta haittaavat esteet on poistettava putkesta. Kiinteät saostumat poistetaan painehuuhtelulla tai mekaanisella puhdistusmenetelmällä. Painehuuhtelun jälkeen putkilinja on hyvä vielä TV-kuvata, ettei putkilinjassa ole piiloliittymiä, jotka jäisivät muutoin liittämättä (Uponor 1990, 59). Liittymien sijainti voidaan TV-kuvauksen avulla paikantaa ja sujutustyön jälkeen aukikaivamalla liittää liittymähaara uuteen saneerattuun linjaan. Sujutusputki on hitsattava yhtenäiseksi kokonaisuudeksi puskuhitsaamalla noudattaen jäähtymisaikaa. Hitsausaumat tasoitetaan, jotta putki mahtuu saneerattavan putken sisään. Putken veto suoritetaan vinssillä tai työkoneella ja lyhyissä sujutuskohteissa työ voidaan tehdä myös työntämällä ilman vetolaitetta. Huomioitavana sujutuksen aikana on vetovoiman mittausta ja näin varmistettava, ettei putken sallitut vetojännitykset tule ylittymään. Sujutuksen aikana putken vetovoimaa voidaan pienentää työntämällä putkea lähtökaivannosta tai asentamalla rullastot maan päällä olevalle putkelle. Vanhan putken ja sujutetun putken välitila täytetään tarvittaessa. Tonttiliittymien kohdalla saneeraustapa vaatii auki kaivamisen, ja tämän vuoksi myös mahdollisen väliaikaisen vedenjakelun saneeraustyön ajaksi. Työkaivantojen määrä on pitkäsujuttamisessa minimoitava, siksi on huomioitava vanhan putken suunnanmuutokset, sallitut sujutusputkisuhteet sekä mahdollisten liittymien sijainti, mitkä kaikki vaikuttaa työkaivantojen lukumäärään. Työkaivannon pituus lasketaan sujutusputken sallitun taivutussäteen ja sujutusvyvyyden perusteella:

$$LG = 10\sqrt{H(2R - H)}$$

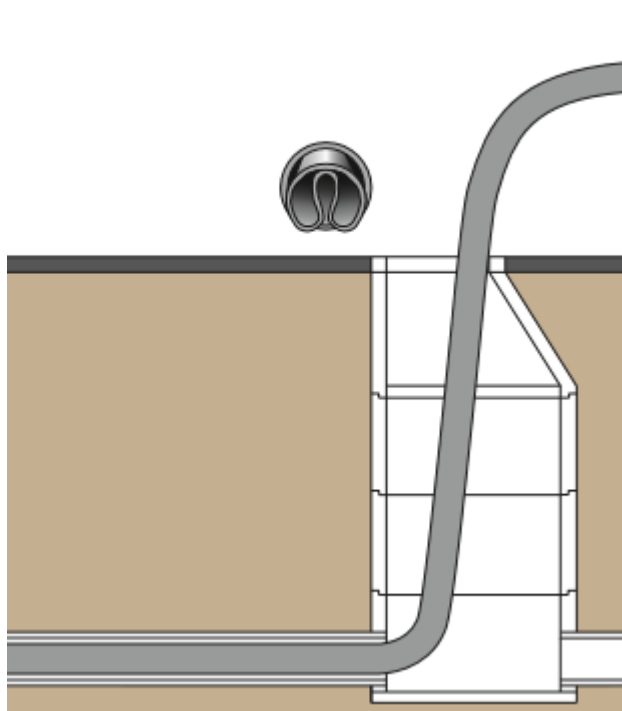
, missä H = sujutusvyvyys ja R = putken sallittu taivutussäde. Putken sallittu taivutussäde (R) saadaan laskettua esimerkiksi PN10 paineluokan putkelle kaavasta:

$$\geq 30 \cdot D_u \text{ (Venymä tällöin ulkopinnassa 1,7 \%)}$$

Sujutuksen aikana sujutusputki ei saa venyä yli 2 %, koska sallitun venymän ylittäminen vaikuttaa putken pitkäaikaislujuuteen. Huonona puolena pitkäsujuttamisessa on vuotokohdan paikallistamisen vaikeus sekä putken halkaisijan pieneneminen, jolloin kapasiteetin lisäämisen tarpeessa oleva linja tarvitsee eri menetelmän saneeraukseen (Uponor 1990, 58-60; Rakennustietosäätiö 2013, 9-10.)

## 5.2 Muotoputkisujutus

Muotoputkisujutuksessa saneerattavan putken sisään vedetään munuaisen muodossa oleva PVC- tai PE-muoviputki. Muotoputkisujutusta käytetään putkikokoluokissa 100 - 500 mm. Erityisesti vesijohdoissa on vanhan putken sisäpintaan jääneet kiinteät saostumat poistettava. Puhdistuksen tulos on vielä varmistettava TV-kuvauksella, jotta varmistutaan puhdistuksen onnistumisesta. Sujutettu putki lämmitetään putken lämpötilan nostamiseksi, jolloin putki pyöristyy lämmön ja höyrönpaineen avulla laajentuen kiinni saneerattavan putken seinämään PVC-putkia lämmitettäessä. PE-putkea ei yritetä saada saneerattavan putken seinämään kiinni, vaan välitila voidaan tarvittaessa täyttää. Pitkissä sujutuksissa huomioita putken taivutussäde, lämpöliike ja venyminen. Menetelmä sopii erityisesti pitkiin sujutuksiin ja se on melko nopea työmenetelmä. Huonoina puolina taas on muotoputken erityinen koko, jolloin jälkiliitokset ovat hankala tehdä sekä vetojännitysten ylittyminen joka voi vaurioittaa putkea. (Rakennustietosäätiö 2013, 8-9.)

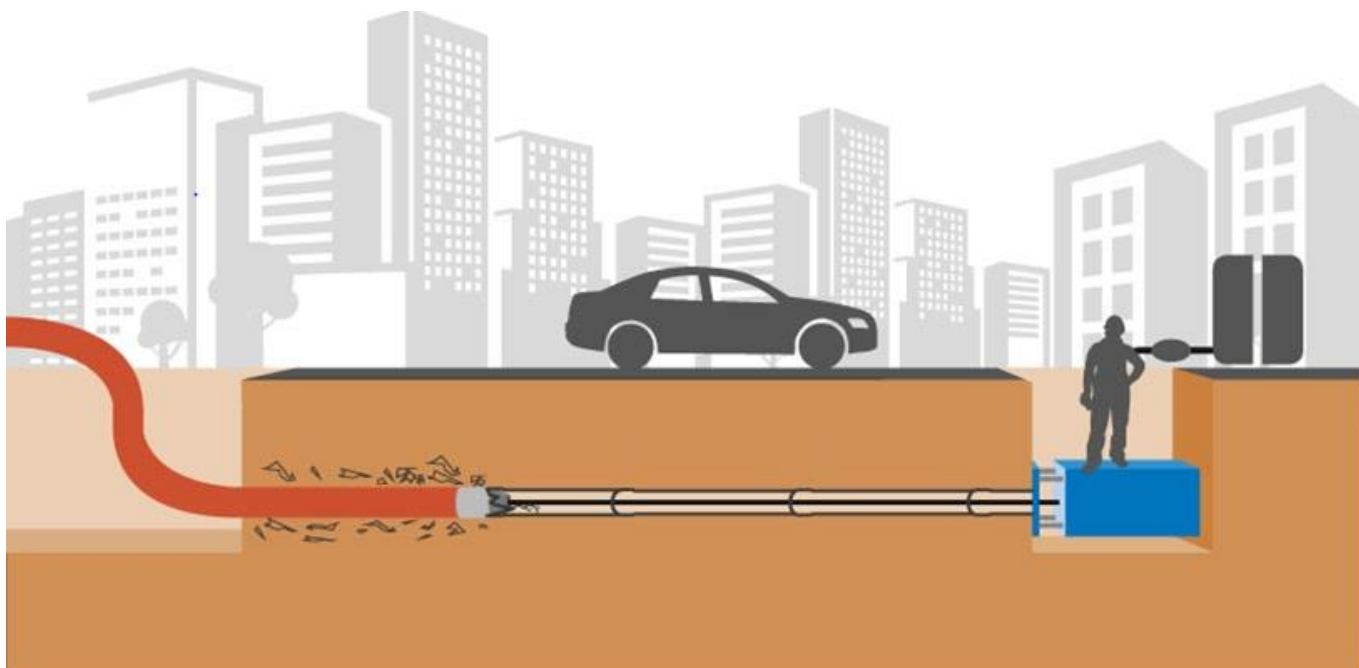


KUVA 5. Muotoputkisujutuksen periaate viemärikaivon kautta sujuttaen (Rakennustietosäätiö 2013, 9)

## 5.3 Pakkosujutus

Pakkosujutuksessa saneerattava putki rikotaan vetopäällä. Suomessa käytössä olevassa staattisessa (halkaisevassa) pakkosujutuksessa rikkova vetopää vedetään vanhan vesijohdon läpi. Vetopää voi rikkoa betonia, muovia, asbestisementtiä, keraamisia putkia, valurautaa ja terästä. Vetopään takaosaan on kiinnitetty uusi putkijohto, jonka laite vetää vanhaan putkeen mukanaan. Suojakuorellisen putken käyttö on suositeltavaa naarmuuntumisen ehkäisemisen vuoksi. Pakkosujutus sopii kokoluokkiin 25 - 800 mm. Menetelmä on hyvä vaihtoehto aukikaivamisen sijaan erityisesti halkaisijan kasvattamisen takia, koska halkaisijaa voidaan suurentaa jopa 15 - 40 % putkikoosta ja maaperästä riippuen. Pakkosujutuksen etuina ovat putken lujuusluokan valittavuus sekä putken halkaisijan pysyminen ennallaan tai jopa halkaisijaa suurentaen toisin kuin pitkäsujutuksessa. Menetelmä sopii

myös huonokuntoisille putkilinjoille, sillä vanhan putken seinämät rikkoontuvat eikä niitä tarvitse painehuuhdella kiinteistä saostumista säästäten myös sujuttamiseen tarvittavaa kokonaisaikaa. Menetelmän haittapuolena on sujutettavan putken mahdollinen vaurioituminen sujutustyön aikana ja näin ollen voi olla tarpeen paksumman putken käyttö. Olemassa olevan verkoston tilan tarve verrattuna uuden putkikoon tilatarpeeseen on otettava huomioon suunniteltaessa pakkosujutusta, ettei vahingossa rikota vieressä kulkevia viemäriverkostoja tai muuta tekniikkaa. Vanhan saneerattavan linjan sijaitessa louhitussa kalliokanaalissa, on huomiotava kallion vaikutus saneerauksen onnistumiseen. (Rakennustietosäätiö 2013, 10-11.)



KUVA 6. Havainnollistus pakkosujutustekniikasta (Tracto-technik.com, 2017)

#### 5.4 Sementtilaastivuoraus

Sementtilaastivuoraus lajitellaan työn pintapuolisen saneerauksen vuoksi pinnoitusmenetelmään. Saneerausmenetelmässä vanha metalliputki (100 - 400mm) puhdistetaan ensin mekaanisesti saostumista ja sen jälkeen huuhdellaan, kunnes saneerattavan putken metallipinta on kirkas. Puhdistus ja saneeraus on tehtävä erillisistä työkaivannoista. Putken sisäpintaan ruiskutetaan 3-10mm sementtilaastikerros ruiskutuslaitteen avulla. Tarvittaessa pinnoite voidaan tasata pyörivällä tasoittimella tai kartiolla rosoisuudesta. Sementtilaastin lujittuminen kestää noin vuorokauden, minkä jälkeen suoritetaan huuhtelu sopivan pH-arvon (alle 8,5) saamiseksi. Menetelmällä pysäytetään metalliputken sisäpuolinen korroosio ja se vähentää sisäpuolisten saostumien muodostumista, mutta menetelmä ei lisää putken rakenteellista lujuutta eikä pysäytä ulkopuolista korroosiota. Sementtilaastivuorauksessa sementin on oltava vesijohtomateriaaliksi kelpavaa sekä runkoaineena käytetyn hiekan oltava rapautumatonta. VSY:n määramittausohjeen mukaan sementtilaastivuorauksen mittaustapana käytetään vuoratun putken pituuden mukaan (mtr) tai valmiin vuorauksen tilavuuden mukaan (m<sup>3</sup>rtd). (Rakennustietosäätiö 2013, 5-6; Infratec 2013, 13.)

## 5.5 Suuntaporaus

Suuntaporaus on hydro-mekaaninen kaivamaton tekniikka. Suuntaporausessa sekoitusyksiköissä sekoitettua porausnestettä syötetään poratankojen kautta porakärkeen sekä avartimeen. Porausnestettä, joka koostuu bentoniitistä, vedestä ja polymeereistä, pumpataan pilottiporausessa ja veto- vaiheessa syntyneeseen porareikään. Paineella suihkuava porausneste irroittaa maa-ainesta, ja samalla maa-aines sekoittuu porausnesteeseen. Porausnesteen tehtävänä on maa-aineksen tuonti maanpinnalle, porausreiän pitäminen stabiilina sekä kitkan vähentäminen seinämän ja putken välillä. Menetelmässä pilottiporakärkeä ohjataan maanalla haluttuun kaivantoon tai maanpinnalle. Porakärki lähettää signaalia maanpinnalla sijaitsevalle vastaanottimelle, jonka avulla selvitetään porauksen syvyys, kulma, suunta ja ohjaussuunta. Porausmatkan tiedot saadaan talteen pilottiporauksen aikana, ja näin ollen saadaan sijaintieto uudelle putkilinjalle. Pilottiporauksen päätyttyä porakärki ja lähten poistetaan, minkä jälkeen aloitetaan putkenvetäminen porausreikää suurentaen. Porausreiän suurentaminen tapahtuu avartimen avulla, johon vedettävä putki kiinnitetään. Vetovaiheessa putki vedetään pilottiporauksen reittiä takaisin asennuskaivantoon tai maanpinnalle. Tämän hetkisten Suomessa käytettävien kalustojen avulla hyvissä olosuhteissa voidaan päästä 1000 metrin suuntaporausiin. Asennettavien putkien halkaisija voi olla 20 mm ja 1000 mm välillä. Ongelmia suuntaporausessa tuottaa kivinen maaperä ja kallio, kun taas parhaimmillaan menetelmä soveltuu kitka- ja koheesiomaihin. Menetelmää käytetään kohteissa, joissa kaivaminen ei ole mahdollista tai taloudellista, esimerkiksi vesistöjen ja teiden alituksissa. Mikäli linja joudutaan asentamaan syvälle, on suuntaporaus edullinen vaihtoehto johtuen laitteiden kyvykkyydestä asentaa putkilinja jopa noin 25 metrin syvyyteen. (Honkaharju 2016, 10-12.)

## 5.6 Puristussujutus

Puristussujutuksen periaate on samanlainen kuin pitkäsujutuksessa. Puristussujutuksessa käytettävän sujutusputken halkaisijaa pienennetään mekaanisesti kuristaen työn ajaksi. PE-putkien liittämisen suoritetaan puskuhitaamalla ja hitsauksessa syntyneet purseet poistetaan ennen sujutusta. Halkaisija palautetaan ennalleen sujuttamisen jälkeen, jolloin uusi putki asettuu vanhan putken seinämiä vasten. Menetelmä soveltuu sekä viemäreille, että vesijohdoille. Puristussujutus on Suomessa vähemmän käytetty saneerausmenetelmä. (Rakennustietosäätiö 2013, 3.)

## 5.7 Yhteenveto vaihtoehtoisista menetelmistä

Vaihtoehtoisten menetelmien käytöstä vesihuoltoverkon haltija sopii työn suorittajan kanssa. Varakauden urakassa sujutuksia tehdään aina tonttijohtoihin, kun tonttijohtojen omistaja on tilannut vesijohdon uusimisen tontin rajalta vesimittarille asti. Tällöin tehdään kohdan 5.1 kaltainen pitkäsujutus talon vierustalta vesimittarille saakka. Sujutus on riskialtis ratkaisu, mikäli vanha putki on jo niin hauras ja sakkautunut, että korkeapaineisen vesipesun aikana se voi rikkoutua. Kun vesijohto rikkoutuu, on mahdollista myös sujuttamisen epäonnistuminen mm. maa-aineksen tukkeuttaessa putken rikkoutuneen alueen kohdalta. Tämän jälkeen vaihtoehdoksi jää vesijohdon uusiminen auki kaivamalla, mikä taas on hitaampi ja kalliimpi vaihtoehto. Vesijohdoista puhuttaessa vaihtoehtoisella menetelmällä saadaan vähennettyä kaivantometrien määrässä auki kaivamisen menetelmään verrat-

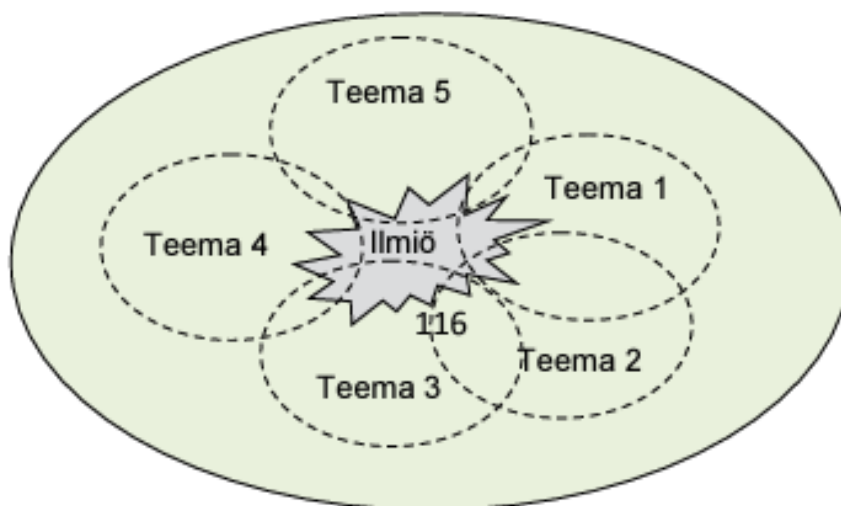


tuna, mutta kustannustehokkuuden mielessä varsinkin useat tonttihaaroitukset aiheuttavat hidasta esiinkaivamista runkolinjan sujutustyön jälkeen. Mikäli putken kokoa täytyy kasvattaa saneerauksessa olemassa olevaan putkikokoon verrattuna, karsiutuu vaihtoehtoisista menetelmistä usea pois ja jäljelle jää lähinnä pakkosujutus- ja suuntaporaustekniikka. Mikäli saneerattavalta alueelta puuttuu hulevesiverkosto, on silloin kustannustehokkuuden mielessä helpointa suorittaa saneeraus auki kaivamalla ja asentamalla uusittavat verkostot samaan putkikaivantoon. Vaihtoehtoiset menetelmät tarvitsevat vielä kehittämistä tonttihaaroitusten saneeraukseen, jotta välttyttäisiin lukuisilta esiinkaivamisilta.

## 6 TUTKIMUSHAASTATTELU

### 6.1 Laadullisen tutkimuksen aineistokeruumenetelmä

Laadullisen tutkimuksen aineistokeruumenetelmiä ovat havainnointi, haastattelut, erilaiset dokumentit sekä joissain määrin kyselyt. Haastattelut sopivat hyvin tutkimuksiin, joissa tutkitaan mielipiteitä, käyttäytymistä tai sellaisia tutkimusalueita, joista ei tiedetä kovinkaan paljon. Teemahaastattelussa tutkija miettii valmiiksi teemat, joista haastattelun aikana keskustellaan. Teemat valitaan laajalaisesti, niin ettei niihin pysty vastaamaan lyhyesti. Teemojen sisällä voi olla yksityiskohtaisempia kysymyksiä valmiiksi mietittynä ilmiön ymmärrettävyyden vuoksi. Laadullisessa tutkimuksessa tutkittavia ei pakoteta vastaamaan saman kaavan mukaan, kuten tehdään esimerkiksi kyselytutkimuksissa. Teemahaastattelu lukeutuu strukturoimattomaan haastatteluun, kun taas kysely tiukkojen kysymysjärjestysten vuoksi kuuluu strukturoituun haastatteluun. Haastattelun muodot vaihtelevat vapaasta keskustelusta (strukturoimaton haastattelu) ennakkoon suunniteltuihin samassa järjestyksessä esitettäviin kysymyksiin. Strukturoidut eli valmiit kysymykset voivat johtaa harhaanjohtaviin tutkimustuloksiin, koska kysymykset voivat mennä ilmiön ohi. Haastattelun joustavuuden vuoksi ilmiötä voidaan tarkentaa haastattelun edetessä lisäkysymysten avulla tai kysymysten sisältöä voidaan selittää tarkemmin, mikäli ne on muotoiltu vaikeasti ymmärrettävästi. Haastatteluja tehdään perinteisesti kasvotusten, mutta nykyään haastattelu on myös mahdollista tehdä puhelimitse tai internetin välityksellä. Haastatteluja voidaan tehdä sekä ryhmähaastatteluna, että myös yksilöhaastatteluna. Ryhmähaastattelussa selvittää vähemmällä litteroinnilla ja haastattelujen määrällä, kun taas yksilöhaastattelun etuina on tarkemman ja luotettavamman tiedon tuottaminen. (Kananen 2015, 127-149.)



KUVA 7. Tutkittavan ilmiön ymmärtäminen teemojen avulla (Kananen 2015, 147)

Aineistokeruumenetelmänä tutkimuksessa käytetään puolistrukturoitua teemahaastattelua, koska puolistrukturoitu teemahaastattelu on joustava sisällöltään ja kysymysten järjestämisen suhteen. Puolistrukturoidussa haastattelussa kysymykset ovat puolivalmiita ja sen etuina on tarkentavien kysymysten esittäminen haastattelun edetessä. Haastattelun aikana aineisto tallennetaan haastateltavan suostumuksella digitaaliseen muotoon. Lopuksi haastattelut puretaan tekstimuotoon eli litteroi-

daan. Kustannustehokkuuden parantamisen näkökulmasta haastatteluja suoritetaan Destian työnjohtolta, saneeraustöihin osallistuneilta työntekijöiltä ja asiakkaalta eli Keski-Savon vesi Oy:n vesihuoltosinööriltä. Työnjohtajat ja työntekijät haastateltiin erikseen, jotta välttyttäisiin esimiesalaissuhteilta haastattelussa. Näin ollen tutkimus saa todellisia näkökantoja saneerauksen kustannustehokkuuden kehittämiseen. Tärkeimpänä asiana on, että tutkimuksen kannalta tärkeimpiin teemoihin saisi mahdollisimman laajasti vastauksia tutkimushaastattelujen pohjalta. Lisäksi pyritään siihen, että kannanotot ovat vain haastateltavan näkökantoja, eikä tutkija saa ohjata kysymyksillään haastateltavia. Tutkimushaastattelua ennen mietittiin yhdessä opinnäytetyön tilaajan kanssa teemoja ja niihin liittyviä tutkimuskysymyksiä ja näiden pohjalta saatiin haastattelurunko aikaiseksi. Jokaisen haastattelun runko on liitteenä opinnäytetyön lopussa. Haastatteluja ennen haastateltaville kerrettiin, minkä vuoksi heitä haastatellaan sekä lupaa haastattelun käyttöön opinnäytetyössä. Tutkijan tekemät johtopäätelmät haastatteluista lähetettiin haastateltaville vielä erikseen kommentoitavaksi.

## 6.2 Työntekijöiden haastattelu

Työntekijöiden puolelta haastateltavaksi suostui konekuljettaja Joni Argillander ja asentaja Jyri Mustonen. Haastattelu suoritettiin teemahaastatteluna 20.10.2017 työmaan taukotilassa, jolloin paikalla olivat ainoastaan haastateltavat henkilöt. Teemahaastattelun runko löytyy liitteestä kolme. Haastattelun teemoina olivat saneerauksissa käytetyt työmenetelmät, koneohjauksen hyödyntäminen, resurssien tarve saneerauksissa ja vesihuoltotarvikkeet –monisteen kehittäminen

### **Saneerauksissa käytetyt työmenetelmät**

Tutkimushaastattelun pohjalta esiin nousi aukikaivamisen työmenetelmällä vesikatkojen suuri määrä, sillä vesikatkoista on ilmoitettava veden käyttäjille viimeistään vuorokautta ennen katkoksen ajankohtaa. Vesi on jouduttu katkaisemaan viikon aikana keskimäärin 2-3 kertaa ja näiden ilmoituslappujen jakaminen kuluttavat paljon työaikaa työntekijöiltä keskeyttäen varsinaisen työsuorituksen. Katkoksen ilmoittamisesta on työntekijöille välillä tullut palautetta kadun varren asukkailta ja joskus on myös epähuomiossa jäänyt ilmoittamatta vesikatkosta kiinteistölle. Metsämiehenkadun esimerkki-kohteessa uusi runkovesijohto ja hulevesiviemärointi rakennettiin ojan pohjalle, ja tästä johtuen haastattelussa tuli esiin kaapelien siirtämisen työmäärä. Konekuljettaja ja asentaja olivat yhtä mieltä, jotta olemassa olevien kaapelien linjalla kaivaminen vaatii asentajan kokoaikaista työskentelyä kaivannossa siirtäen ja pitäen paikallaan kaapeleita. Konekuljettajan näkökulmasta kaivaminen on tehtävä koko ajan varoen vaurioittamasta kaapeleita kaivaen kaapelit vähitellen näkyviin maanalta. Esiin haastattelussa tuli myös kallion korkeusaseman tietämättömyys saneerauksessa, koska kallion vuoksi kaivuu työt olivat hetkeksi pysähtyneet suunnitelmamuutosten vuoksi. Pitkin saneerausta kallion korkeusasema yllätti ojan pohjilla, ja se oli vaatinut konekuljettajalta enemmän iskuvasaran käyttöä poistaen kalliopatin putkikaivannon edestä.

### **Koneohjauksen hyödyntäminen**

Koneohjauksen avulla liialliselta kaivamiselta vältetään ja siitä varsinkin konekuljettaja näki olevan paljonkin hyötyä ajallisesti. Mallilla pystyi hyödyntämään vesijuoksun korkeusaseman tietoa, mikäli malleissa oli kaivojen sijainti ja niistä lähtevien viemäriputkien korkeusasema merkittynä. Koneoh-

jausmallin vuoksi paperisten suunnitelmapiirusten pyöritteleminen oli työmaalla vähentynyt. Koneen käyttäjän näkökulmasta mallista on hyvä nähdä viereisten tonttirajojen sijainti ja ajoradan sekä ojen sijainti, jolloin varsinkin täytön aikana vältetään rakenteisiin kelpaavien maa-aineksien häviäminen ojanpohjille. Sähkökaapelien sijainnin saaminen työkoneelle auttaisi paljon poikituksissa, koska tällä hetkellä kaapelien sijainti on jouduttu erillisten paperisten kuvien perusteella arvioimaan. Taustakarttojen lisääminen koneohjausmalliin olisi työntekijöiden mielestä hyvin helppo tapa nähdä selkeästi olemassa olevan vesihuoltoverkoston sijainti, joka varsinkin vähentäisi paperisia tulosteita työmaalla. Huonona puolena nähtiin mallien päivittämisen kankeus, koska kallion pinta saattoi paljonkin vaihdella ja se aiheutti suunniteltujen korkojen muuttamista. Työntekijät näkivät, että kaivannossa on koko ajan työskenneltävä ja varmistettava kaivuutyötä, vaikka koneohjausmalli olisikin käytössä. Koneohjaukseen vahvasti kuuluu myös tarkkeiden ottaminen, ja haastattelussa kävi ilmi sen epäselvyys. Koneenkuljettaja ei ollut varma ohjeistuksesta, mistä ja miten usein tarkemittauksia on otettava toteutuneista asennuksista.

### **Resurssien tarve saneerauksissa**

Resursseille olisi tarvetta lisää työntekijöiden näkökulmasta, jolloin haastattelun pohjalta tarvittaisiin kaksi asentajaa saneeraustyömaata kohden asennusten nopeaan suorittamiseen. Erityisesti esiin nousi yhdellä asentajalla menevän aikaa tarvikkeiden saattamiseksi työkohteeseen, valmisteleviin töihin sekä pitkien 12 metristen putkien käsittelyn yhdellä asentajalla olevan turhan haasteellista. Vesikatkoksiens vuoksi asentamisen määrä vaihtelee paljon työpäivän aikana. Vesikatkon aikana olisi oltava mahdollisimman nopea tekemään vesijohtoputkeen hitsaus ja saada taas vesipaine uuteen putkilinjaan, jottei veden käyttäjille tulisi tarpeettoman pitkää veden käytön katkosta. Konekuljettajan näkökulmasta yhden asentajan voimin tehtäessä suuri osa putkien siirtämisestä on jouduttu tekemään koneen avulla, kun kahdella miehellä materiaalsiirrot olisivat olleet nopeampia tehdä.

### **Vesihuoltotarvikkeet –monisteen kehittäminen**

Vesihuoltotarvikkeet –monisteen täyttämisestä ei ole Mustosen mukaan tullut ohjeita, vaan täyttäminen on opeteltu vanhemman asentajan avulla. Massamäärien ylös kirjaamista ei ole tapahtunut ollenkaan ja siitä ei erikseen selkeää ohjetta ole annettu. Työntekijät toivoivat selkeämpää ulkoasua ja karsittavan pois ylimääräisiä tarvikkeita monisteesta, mitkä eivät koske kyseistä saneeraustyömaata. Ylöskirjaamisesta ei ole tullut rutiinia, vaan lappua on täytelty silloin kun on keretty. Haastattelussa toivottiin monisteen olevan vain yhden A4-paperin kokoinen, vain tarpeellinen sisällettynä ja uusi –moniste täytettäisiin aina viikon välein. Massamäärien osalta selkein olisi, että putkikaivanto mitattaisiin 10 metrin välein ja sen mitat merkittäisiin omaan sarakkeeseen vesihuoltotarvikkeet –monisteeseen.

## **6.3 Työnjohdon haastattelu**

Työnjohdosta haastatteluun valikoitui Destia Oy:stä Varkauden -projektin työmaapäällikkö Pertti Mahonen ja työnjohtaja Ville Nyyssönen. Haastattelu suoritettiin Destian toimistolla Varkaudessa 9.1.2017 ja haastattelun aikana paikalla olivat vain haastateltavat ja haastattelija. Teemahaastatte-

lun runko löytyy liitteestä neljä. Haastattelun teemoina olivat aukikaivamisen menetelmän käyttäminen, työnsuunnittelun vaiheet saneerauksissa, maa-ainesten hyötykäyttö, vaihtoehtoisten menetelmien käyttäminen ja koneohjauksen hyödyntäminen.

### **Aukikaivamisen menetelmän käyttäminen**

Saneeraukset suoritetaan pääasiassa aukikaivamalla ja se ei juurikaan ole vuosien saatossa muuttunut. Muutos vuosien varrella on ollut lähinnä koneiden kehityksessä ja sitä kautta saneerauksista on tullut tehokkaampia mm. pyörittäjien ja kaltevuuksien avulla verrattuna entisiin jäykkänivelisiin kaivinkoneisiin. Lähtötietojen puute on iso ongelma tämän hetken saneerauksissa. Esimerkiksi uuden ja vanhan linjan törmäys nähdään vasta, kun ollaan rakentamassa. Törmäystarkastelut olisivat tärkeitä suunnitteluvaiheessa, että välttäisiin suunnitelmamuutoksilta ja säästettäisiin aikaa. Lähtötietojen hankkiminen kuuluu tilaajalle, ja Mahonen toivookin, että tilaaja käyttäisi enemmän mittaaajaa kartoittamassa olemassa olevien kaivojen sijaintia, putkien vesijuoksujen korkoja ja runkoventtiilien sijaintia. Tällöin urakoitsijalla on todellisemmat lähtötiedot, eikä saneerauksen yhteydessä tulisi niin paljon suunnitelmamuutoksia. Toisena ongelmana on pohjatutkimusten ja maaperätietojen vähäinen saanti tilaajalta, ja tämän vuoksi mm. kallion sijainti ei ole tiedossa, eikä myöskään lisätuentaa tarvitsevien maalajien sijainti pituusleikkauksessa. Kallion sijaintia ei ole yhdessäkään piirustuksessa näkynyt, mutta niihin on saneerauksien yhteydessä törmätty useissa kohteissa, mikä taas aina hidastaa rakentamista suunnitelmamuutoksien muodossa. Suunnitelmiin ei ole erikseen osoitettu lisätuennan tarvetta. Mahonen toivoisikin erillisiä rajoituksia suunnitelmiin, mihin kohtaan tarvitaan esimerkiksi ponttiseiniä. Näin työtä hidastavaan tuentaan voidaan varautua hyvissä ajoin. Pohjatutkimukset ovat olleet olemattomat suunnitelmissa, ja mikäli niitä on ollut, ovat ne olleet väärässä kohdassa, niin ettei niitä luotettavasti ole pystynyt hyödyntämään saneerauksessa. Nyssösen ja Mahosen mukaan tilaaja ei ole useinkaan ottanut kantaa kestääkö kaivantoluiskattuna vai tarvitaanko lisätuentaa, vaan urakoitsijan on pitänyt tehdä omat ratkaisunsa työsuorituksiin. Tilaajalta saadut lähtötiedot ovat olleet korkojen puolesta yleensä luotettavia, mutta Nyssösen mainitsee myös kohteen, missä lähtökorko oli heittänyt jo metrillä ja kallio oli tullut heti vastaan. Tämä oli vienyt paljon aikaa urakoitsijalta, mutta myös tilaajalta suunnitelmien valmistelun muodossa. Vastaavasti pienen koe-kuopan avulla ennen suunnitelmien tekemistä kallion läheisyys olisi huomattu, ja turhalta asfaltin ja rakenteiden poistamiselta olisi välttytty. Urakoitsijalla on myös suuri riski kaivoja ja putkia tilattaessa, koska eräässä kohteessa kallion aseman vuoksi kymmeniä kaivoja oli suunnitelmamuutoksien vuoksi jäänyt asentamatta ja käyttämättömät kaivot menivät urakoitsijan laskuun.

Mahonen painottaa työnjohtajan perehtyneisyyttä ja kokonaisnäkemystä aina saneerauskohteissa, koska täytyy olla mietittynä useampia vaihtoehtoisia ratkaisuja, mitä voi suunnittelijalle ehdottaa tilanteen ratkaisemiseksi. Ongelman voi ratkaista jo työmaalla ja työt voivat jatkua huomattavasti nopeammin eteenpäin suunnittelijan hyväksyttyä ratkaisun. Pahimmillaan työt taas voivat seisoa viikkoja, mikäli ongelmaa ei pystytä heti ratkaisemaan ja ongelma menee esimerkiksi konsulttitoimiston ratkaistavaksi. Muita ongelmia tämän hetken saneerauksissa on tilan ahtaute ja kulkureittien pitäminen vapaana, mikä taas on yleinen ongelma kaupunkialueella rakennettaessa. Varsinkin huonosti liikkuvien esteettömyys on huomioitava saneerauksessa esimerkiksi ajorampeilla.

Paineellisena linjaa rakennettaessa Mahonen näkee sen olevan tehokkaampaa, koska välttyään uudelleen esiin kaivamiselta, kuten vastaavasti joudutaan tekemään paineettomana rakennettaessa. Paineellisena rakentamisen hyötynä Mahonen näkee nopean peittämisen, koska silloin työt eivät pysähdy pitkäksi aikaa, vaan voidaan lähes koko ajan kaivaa putkikaivantoa tai peittää rakennettua linjaa. Aikaisemman Mahosen työkokemuksen myötä saneeraus on suoritettu noin 100 metrin pätkissä paineettomana. Paineekokeen ja hyväksytyn vesinäytteen jälkeen runkolinja on liitetty vesijohtoverkostoon ja liitetty taloliittymät. Väliaikaisia vedenjakeluja on jouduttu tekemään, mutta lähinnä yksittäiselle talolle. Tällöin runkolinjasta on tuotu suoraan talon sisälle väliaikaisesti vesijohto veden saannin turvaamiseksi. Talvella väliaikaiset vedenjakelut ovat vaikeita ja tuovat haastetta vesijohdon lisäeristyksen vuoksi. Vesikatkot on pyritty pitämään lyhyinä, niin että ihmisten tullessa illalla kotiin on vesi taas ollut käytettävissä eikä tämän vuoksi vedenjakelulle ole ollut tarvetta. Mahonen ja Nyysönen eivät näe hyötyä puskuhitsuudesta kustannustehokkuuden puolesta. Puskuhitsu on teknisesti haasteellisempaa sekä halkaisijaltaan alle 250 mm putkissa sähköhitsuosmuhvi on varsin edullinen, joten ei ole kannattavaa ostaa hintavaa puskuhitsuuslaitteistoa. Lisäksi tilantarve puskuhitsauksen valmisteluun on paljon suurempi verrattuna sähköhitsuosmuhviliitokseen.

Työselostusten puutteellisuus Varkauden urakassa on yksi urakointia vaikeuttava tekijä, koska ei useinkaan ole ollut tarkkaan selvillä, mitä saneerauksessa todellisuudessa tilaajan puolelta vaaditaan. Esimerkkinä saneerauskohde, jossa täytyikin ottaa vesinäyte ja painekoe ilman ennakkovaroituksia tilaajan puolelta. Lähtökohtana laatuvaatimuksille on ollut infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset eli infraryl, mutta toisinaan niihin on saanut huojennuksia. Nyysönen ja Mahonen toivovat tilaajalta selkeämpiä rajoituksia saneerauksessa, kuten esimerkiksi paineettomana rakennettaessa selkeät kohdat, mistä otetaan vesinäyte tai tehdään painekoe. Tällöin voidaan hyvissä ajoin varautua pieneen työseisaukseen ja tehdä muita töitä, kuten ojien muotoiluja ja työmaan siistimistä. Urakan edetessä tilaajalta on saanut koko ajan enemmän lähtötietoja, mutta edelleen työselostukset puuttuvat. Työselostuksien saaminen saneerauksiin olisi Mahosen mukaan yksi merkittävä kehityskohde jatkoa ajatellen.

### **Työnsuunnittelun vaiheet saneerauksissa**

Saneerauskohteen työnsuunnittelu lähtee liikkeelle koneiden ja työntekijöiden tarpeen arvioimisesta. Kuorma-autojen saantia työmaille on kehitetty yhteistyökumppanien avulla, ettei siitä tule ongelmaa. Työnsuunnittelu aloitetaan hyvissä ajoin, kun saadaan tulevista työmaista luettelo tilaajalta. Erityisesti tarvittavat resurssit ja aikataulu käydään työnjohdon kanssa yhdessä läpi. Työnsuunnittelu aloitetaan jo alku talvesta ja se jatkuu läpi kesän syksyyn asti, kunnes työmaat ovat valmistuneet. Nyysönen toteaa, että on hyvä lähteä tarkastelemaan suunnitelmia kriittisesti ja miettimään sitä kautta, miten saneeraus hoidetaan käytännössä. Suunnitelmista keskustellaan välittömästi tilaajan kanssa, mikäli ongelmia käytännön kannalta piirustuksista löytyy. Suunnitelmamuutosten jälkeen arvioidaan vaikutus aikatauluun ja päivitetään sitä tarpeen vaatiessa. Lähtötietojen vähyys tuo työnsuunnitteluunkin haastavuutta, koska saa olla koko ajan valmiina vaihtoehtoisen ratkaisun kanssa töiden etenemisen nopeuttamiseksi. Suunnitelmat tehdään aina tilaajan ja urakoitsijan kannalta mahdollisimman kokonaistaloudellisesti, mutta jonkinlainen yhteiskatselmus maastossa ennen töiden

aloitusta olisi paikallaan, jotta voidaan käydä yhdessä läpi mahdolliset ongelmakohdat ennen suunnitelmien valmistumista.

### **Maa-ainesten hyötykäyttö**

Rakenteisiin kelpaavia maa-aineksia on saneerauskohteissa ollut jonkin verran. Ne pyritään käyttämään uudelleen aina, kun on mahdollista. Yleensä ne käytetään putkikaivannon välitäyttöinä loppu-täytön ja rakennekerrosten välissä. Jos toinen työmaa on kaukana, on mietittävä tapauskohtaisesti kannattaako massoja lähteä kuljettamaan toiselle työmaalle. Toisaalta, mikäli työmaat ovat lähel-käin voi massojen siirtely olla tehokasta. Erääseen saneerauskohteeseen on saanut erillisen läjitys-alueen käyttöön, minne toiselta työmaalta saatiin rakenteisiin kelpaavaa materiaalia varastoitua. Ongelmana siinä on ollut ylimääräisten maa-ainesten siirtojen määrä. Paras menetelmä nimittäin oli-si, ettei materiaali koskaan joutuisi kuorma-auton lavalle vaan sen saisi kaivinkoneen kauhalla siirrel-tyä sopivalle etäisyydelle. Saneerauskohteessa, missä levennettiin ajorataa nykyisestä, on saatu merkittävää hyötyä käyttämällä tierakenteesta leikatut massat jakavassa kerroksessa, jolloin uuden jakavan soran tuonti työmaalle on ollut hyvin vähäistä. Paras hyöty Nyysösen ja Mahosen mielestä saadaan, jos katu voidaan sulkea ja putkikaivannon täytteeksi voidaan hyödyntää toisen ajokaistan vanhoja rakenteita, jolloin vältetään väliaikaiselta läjittämiseltä. Tulevissa urakoissa massojen hyöty-käyttöä ja siirtelyn tehokkuutta tullaan vähintään yhtä paljon suunnittelemaan.

### **Vaihtoehtoisten menetelmien käyttäminen**

Vaihtoehtoista menetelmistä Mahonen mainitsee vesijohtojen sujuttamisen tonttikaduilla, mikä on haastavaa ja hidasta lukuisien työkaivantojen vuoksi. Käytännössä kaivantoja tulee 20 metrin välein koko saneerauksen alueella. Mahonen näkeekin sujuttamisen vesijohdoissa olevan järkevää, mikäli talohaaroja on vain muutamia tai ei ollenkaan vesijohdon runkolinjaa sujuttaessa. Haastavaa suju-tuksissa on myös sen epävarmuus työteknisesti, koska välttämättä sujutustyö ei onnistu ja joutu-taan kaivamaan ongelmakohdasta katu auki. Urakoitsijalla onkin suuri riski sujutustyön onnistumisen puolesta ja monesti todellisuus paljastuu vasta, kun ollaan saneeraamassa. Mahonen näkee tärkeä-nä sujuttamisen aikana esiin tulevissa ongelmissa nopeiden ratkaisujen tekemisen, jottei työseisah-dusta tule ja sitä myöten kustannusten kasvua. Suuremmat sujutustyöt ulkoistetaan aliurakoitsijalle, koska työ vaatii aina erikoisosaamista ja erikoislaitteita, mitkä tulevat liian kalliiksi hankkia kyseistä urakkaa varten.

### **Koneohjauksen hyödyntäminen saneerauksissa**

Koneohjausmalli teetetään jokaiselle työmaalle, oli se sitten uudisrakennuskohde tai saneeraustyö-maa. Mahonen näkee, että tällöin mittamiehen aiheuttamat kulut vähenevät ja ylikaisu vähenee huomattavasti, mitkä molemmat tuovat kustannussäästöjä. Ylikaivuussa joutuu käsittelemään suuria massamääriä ja kuljettamaan massoja pois sekä vastaavasti täyttämään kaivantoa uudella soralla. Lähtötietojen todenperäisyys on tärkeää koneohjausmallin luontia varten, koska muutoin malli muut-tuu työn edetessä ja sen myötä mallikin päätty tarpeettomaksi. Suurin hyöty koneohjausmallista on uudisrakentamisessa, missä ei tarvitse varoa olemassa olevaa tekniikkaa ja maaperä on tutkittu. Ko-neohjausmalliin lisättyjen putkilinjojen korkojen vuoksi työntekijän ei tarvitse putkilaserin avulla olla koko ajan varmistamassa juoksun korkeutta, vaan kaivinkoneen kuljettaja pystyy toimimaan itsenäi-

sesti nähden suunnitellun juoksupinnan tason koneen näytöltä. Katvealueella rakennettaessa tarkkuus heikentyy useisiin sentteihin kaivinkoneella, milloin on taas oltava perinteiset menetelmät käytössä varmistamassa laadukkaan työjäljen. Tästä perinteisestä menetelmästä esimerkkinä on putkilaserin käyttö koneohjauksen rinnalla. Koneohjausmallin avulla rakentaminen vaatii paljon työnjohtajilta valvontaa suunnitelmien noudattamisesta, sekä että koneohjausmallia tulkitaan työmaalla oikein. Taustakartan liittäminen koneohjausmalliin nähdään hyvänä, koska tällöin voidaan paikantaa olemassa olevat vesihuoltolinjat katsomatta paperisia kuvia. Kehityskohteenä Mahonen ja Nyyssönen näkee sähkö- ja telekaapelien saamisen taustakartaksi, minkä avulla niidenkin lukeminen paperilta vähenisi. Tällä hetkellä lähtötietojen hankkiminen on työlästä, koska jokaisen operaattorin kaapeleiden näytöt on tilattava erikseen johtokarttoineen. Koneohjausmallien tekeminen ostetaan muualta, ja ne pyritään teettämään jo alkutalvesta suunnitelmien valmistuessa. Saneerauksissa on haasteellista liiallinen tieto suunnitelmakuvissa, koska niiden lukeminen tulee vaikeammaksi. Yhteen kuvaan ei kannataisi siis kaikkea sisällyttää, että huomaa tärkeät asiat vähemmän tärkeiden kannalta saneerauksen kannalta.

#### 6.4 Keski-Savon vesi Oy haastattelu

Asiakkaan puolelta haastateltiin Keski-Savon Vesi Oy:n vesihuoltoinsinööri Arto Koposta 9.1.2018. Haastattelu suoritettiin Varkaudessa vesilaitoksen toimistolla ja haastattelussa olivat läsnä vain haastateltava ja haastattelija. Teemahaastattelun runko löytyy liitteestä 5. Haastattelun teemoina olivat saneerauksien yleistilanne Varkaudessa, aukikaivamisen menetelmän käyttäminen, vaihtoehtoisten menetelmien käyttäminen ja saneerausmenetelmät jatkossa.

##### **Saneerauksien yleistilanne Varkaudessa**

Vesihuoltoverkoston tilanne on tällä hetkellä hyvin saneerauspainotteinen, koska yhtiö laittaa kaiken investointinsa saneerauksiin. Saneeraus on kaksinkertaistunut verrattuna aikaisempaan, jolloin on enemmän rakennettu uutta verkostoa. Saneeraus on jatkossa vähintään samalla tasolla kuin vuonna 2017, mutta tästä saneeraus ei tule näillä näkymin lisääntymään, koska se pakottaa nostamaan veden hintaa, mikä taas ei ole hyvä ratkaisu asiakkaille eikä vesihuoltolaitokselle. Oman osansa vesihuoltoverkoston uusimisesta vie pumppaamojen saneeraus, joita uusitaan noin yhdestä kahteen per vuosi. Saneerausvelkaa verkoistoissa riittää, ja se näkyy vuotovesimäärissä. Noin kolminkertainen määrä on puhdistettavaa vettä verrattuna verkostoon pumpattavaan määrään, ja se osoittaa hulevesiverkoston puutteellisuutta sekä jätevesiverkoston saneerauksien olevan vielä kesken. Vesihuoltoverkostoihin on vuodeksi varattuna noin miljoona euroa ja pumppaamoihin 100 000 - 150 000 euroa, joten riippuen työmaiden suuruudesta, riittää investointirahaa useammille saneeraustyömaille. Hulevesiverkosto on hyvin puutteellinen Varkaudessa, ja etenkin ennen 70-lukua rakennetut asuinalueet, kuten esimerkiksi Lutila ja Käpykangas ovat ilman hulevesiverkostoa. Hulevesiverkoston täydennysrakentamiseen on varauduttu ja sitä täydennetään saneerauksien yhteydessä. Vuotovesimäärätkin jo kertovat, että hulevesiverkostoa on täydennettävä alueille, missä se on osin puutteellinen.



### **Aukikaivamisen menetelmän käyttäminen**

Saneeraukset suoritetaan työteknisesti joko painepäällä putkisalko kerrallaan rakennettuna tai vaihtoehtoisesti rakennetaan koko runkolinja kerralla valmiiksi, ja vasta sen jälkeen vesijohto paineistetaan ja liitetään talohaarat saneerattuun linjaan. Kumpi työtekniikka valitaan saneeraukseen, riippuu aina saneerauskohteen luonteesta. Esimerkiksi vanhalla asuinalueella rakennettaessa painepäällä rakennettaessa välttään uudelleen esiin kaivamiselta, kun talohaarat on liitetty uuteen runkolinjaan sitä mukaa kun ne kohdalle tulee. Pääsääntöisesti myös tilanahtaus pakottaa saneeraamaan painepäällä. Yleensä saneeraukset hoidetaankin painepäällä, ellei uusittava linja ole tien sivussa, niin ettei saneeraus häiritse liikennettä ja voidaan pitää pidempiä kaivantoja auki. Väliaikaisia vedenjakeluja pyritään välttämään, eivätkä veden käyttäjät ole joutuneet olemaan pitkiä aikoja ilman vettä. Saneerauksen yhteydessä tai muutoin yllättäin tulleisiin putkirikkoihin on jouduttu ottamaan käyttöön väliaikainen vedenjakelu.

### **Vaihtoehtoisten menetelmien käyttäminen**

Kehityskohteenä Koponen huomauttaa suuntaporauksen käytöstä, minkä hinta on tullut alaspäin ja sen avulla varsinkin sellaisilla osuuksilla, missä ei ole talohaaroja on varsin kustannustehokasta saneerata. Varkaudessa ei ole aiemmin suuntaporaamalla saneerattu, joten sen tehokkuus näkyy jatkossa. Varkaudessa on käytetty vaihtoehtoisia menetelmiä ennen paljon enemmän kuin nykyään. Pääosin ne ovat olleet jätevesiverkoston sujutuksia, mutta jonkin verran myös vesijohtojen sujutuksia. Tonttikaduilla vesijohtoja on uusittu sujuttamalla, ja työkaivanto on tehty aina talohaaran kohtaan. Koposen mielestä sujuttaminen on tehokasta ja painottaa etenkin rakenteiden rikkomattomuutta. Huonona puolena vesijohtoja sujuttaessa on vuodon paikantamisen vaikeus tulevaisuudessa. Esimerkiksi yhdessä kohteessa oli kaivettu yli 4,5 metrin kaivanto kohtaan, missä maa oli painunut, mutta siinä kohdalla sujutusputki oli täysin ehjä ja vesi oli tullut sujutusputken ympärillä olevaa putkea pitkin. Satoja metrejä sujutettuja vesijohtoja on siis hyvin vaikea paikantaa, mistä ne vuotavat oikeasti ja se tuo kustannuksia sekä haastetta niiden huoltamiseen. Koponen painottaakin, että on tapauskohtaisesti mietittävä sujutuksen pituutta, ettei vuotokohdan paikantaminen tule liian haasteelliseksi. Sujutuksia on jatkossa niin paljon kuin mahdollista, muttei auki kaivamiseltakaan siinä yhteydessä tule välttymään. Hulevesiverkoston puuttuminen taas pakottaa usein saneeraamaan auki kaivamalla, koska on yksinkertaisinta rakentaa muutkin verkostot kerralla samaan kaivantoon.

### **Saneerausmenetelmät jatkossa**

Koposen mukaan saneerauksesta löytyy tällä hetkellä ongelmakohtia ja yhtiö pyrkiikin näihin ongelmiin keksimään ratkaisuja. Suurin syy ongelmiin löytyy kiinteähintaisesta veden käyttäjien tontin rajalta vesimittarille saakka tehtävistä vesihuoltosaneerauksista. Koposen mukaan olisi hyvä harkita, että jatkossa saneerauksissa keskityttäisiin oman vastuualueen vesihuoltoverkostoihin, jolloin saataisiin työmaita tehokkaammaksi ja yksi ongelma kohta poistuisi. Asiakkaita kuitenkin tällaisen muutoksen jälkeen opastettaisiin ja kehoitettaisiin uusimaan kiinteistön omat vesihuoltojohdot, mikäli ne on saneerauksen yhteydessä todettu olevan uusimisen tarpeessa. Toisena ongelmana Koponen näkee vanhojen vesihuoltoverkostojen tarkemittauksen puuttumisen. Esimerkiksi yli 50 vuotta vanhojen vesihuoltoverkostojen sijainti on paperille piirretty vain suurpiirteisesti, ja todellisuudessa kun putket

on kaivettu näkyviin, tilanne onkin täysin erilainen. Tämän takia joutuu työmaalla tekemään pikaisesti uudet suunnitelmat, ennen kuin saneeraus voi jatkaa.

## 6.5 Haastattelujen yhteenveto

### **Lähtötiedot osana saneerausta**

Haastattelujen perusteella saneerauksen suurimpana ongelmana nähdään lähtötiedot. Lähtötietoja on hyvin vähän tai ne ovat virheellisiä, kuten esimerkiksi vanhojen vesihuoltoverkostojen kohdalla. Lähtötietojen antaminen kuuluu tilaajan velvollisuuksiin ja olisikin tärkeää saneerausten onnistumisen kannalta, että niiden todenperäisyys tarkistettaisiin esimerkiksi mittamiehen avulla tilaajan toimesta. Pohjatutkimuksilla, kuten kairaamalla tai koekuopilla saadaan varmistettua maaperätiedot saneerattavalla alueella. Pohjatutkimuksia olisi tilaajan toimesta lisättävä tai muutoin selvitettävä urakoitsijalle olemassa olevat maaperätiedot, jotta välttyttäisiin kallioon törmäykseltä saneerauksen edetessä. Urakkaohjelmassa mainitaan, ettei kaupunki tee omiin suunnitelmiinsa työselostusta. Työselostus on kuitenkin tärkeä saneerauksen kannalta, koska tällöin tilaaja ja urakoitsija tietävät, mitä töitä kyseiseen urakkaan kuuluu ja mitä saneeraukselta vaaditaan. Tällä hetkellä vaatimukset ovat lähinnä infrayl -kirjasta luettavissa tai suunnitelmapiirustuksiin muutamalla lauseella ilmaistuna.

### **Rakenteisiin kelpaavien maa-ainesten käyttö**

Rakenteisiin kelpaavia maa-aineita siirrellään tarkasti, ja niiden käyttöä pyritään hyödyntämään aina, kun on mahdollista. Työmaalla vähennetään huomattavasti uuden soran ostamista, mikäli massoja voidaan käyttää esimerkiksi putkikaivantoon tai jakavaan kerrokseen. Massojen kierrättämisellä saadaan kustannussäästöjä, kun kuljetusmatka työmaiden välillä on lyhyt. Paras hyöty massojen kierrättämisestä saadaan, kun vältetään massojen siirtämiseltä kuorma-auton lavalle ja voidaan leikkava maa-aines käyttää suoraan kaivannon täyttämiseen. Maa-ainesten hyötykäyttö on myös työntekijöistä riippuvainen, koska konekuljettajan on oltava aktiivinen ja tietoinen, minkälainen maa-aines kelpaa rakenteisiin tai putkikaivannon täyttöön. Työnjohdon on haastavaa valvoa jokaista kuormaamista, joten kustannustehokkuus on myös työntekijöiden aktiivisuudesta kiinni. Työntekijöille on hyvä painottaa maa-ainesten kierrättämisen tärkeydestä, jotta niiden uudelleenkäytön mahdollisuudesta ollaan tietoisia.

### **Koneohjausmallien hyödyntäminen saneerauksissa**

Koneohjausmalleja teetetään paljon Varkauden urakassa. Kaikissa urakkaan kuuluvissa kaivinkoneissa on koneohjauslaitteet, joten koneohjausmallit onkin hyvä luoda aina kun on mahdollista. Sekä työnjohto että työntekijät näkevät malleista saavan pääasiallisesti vain hyötyä. Hyötyinä nähdään erityisesti ylিকাivuun vähenemisen tai kokonaan loppumisen sekä mittamiehen merkkailmien mitta-keppien vähentymisen työmaalla. Molemmat tuovat kustannussäästöjä rakentamisessa sekä säästävät aikaa, koska voidaan keskittyä enemmän suunnitelmien mukaiseen rakentamiseen. Koneohjauksen haittapuolena nähdään suunnitelmamuutokset, jotka usein johtuvat lähtötietojen niukkuudesta. Kun suunniteltujen putkilinjojen korkoasema muuttuu, täytyy koneohjausmalliakin välittömästi päivittää, mikä taas tuo lisää kuluja urakoitsijalle. Mikäli suunnitelmat muuttuu hyvinkin usein, muuttuu koneohjausmalli lopulta tarpeettomaksi ja kaikki sen luomiseen käytetty aika ja raha menee huk-

kaan. Tarkemittaaminen kuuluu maarakentamiseen, jotta saadaan esitettyä tilaajalle tarpeeksi tarkkoja johtokarttoja rakennetuista vesihuoltolinjoista. Tarkemittamiseen ei oltu työntekijöiden puolelta saatu selvää ohjeistusta, joten tarkemittamisen valvontaan on hyvä kiinnittää enemmän huomiota.

### **Aukikaivamisen ja vaihtoehtoisen menetelmän vertailu**

Aukikaivamisen menetelmä ja vaihtoehtoinen menetelmä on valittava aina tapauskohtaisesti ja tarpeen vaatiessa niitä on hyvä yhdistää. Haastatteluissa oltiin yhtämieltä, että sujuttaminen on tehokkainta vesijohdoissa, kun talohaaroja on vähän tai ei ollenkaan. Aukikaivaminen tulee erityisesti kyseeseen silloin, kun ollaan täydentämässä hulevesiverkostoa ja saadaan näin ollen samaan kaivantoon saneerattua myös muu vesihuolto. Vesihuoltolaitos pyrkii käyttämään vaihtoehtoisia menetelmiä aina, kun on mahdollista mutta se taas tarkoittaa aina myös aukikaivamista vähintään asennuskaivantojen muodossa. Saneerauskohteissa, missä ei ole tarkoitus tehdä kadun rakenteiden perusparannusta, on hyvä vaihtoehto myös suuntaporauksen käyttäminen ja nähdä tämän tekniikan tuoma hyöty saneerauksessa. Vaihtoehtoisilla menetelmillä tehtävään saneeraukseen on yleensä palkattava erikoistunut aliurakoitsija, kun taas perinteisessä aukikaivamisessa pärjätään pääosin oman henkilöstön voimin. Suurimpana haittana vaihtoehtoisissa menetelmissä on riski urakoitsijalle työn onnistumisen muodossa ja asiakkaalle saneerauksen laadun varmistamisen muodossa. Aukikaivaminen taas on varma tapa saneerata ja silloin voidaan olla varmoja, että pohjatyöt on tehty kunnolla ja nähdään välittömästi, onko asennettu putki vaurioitunut asennuksen aikana.

Aukikaivamisen menetelmällä voidaan saneeraus hoitaa joko paineettomasti tai painepäällä. Painepäällä rakennettaessa nähdään hyvänä puolena sen vaatima pieni tila, koska kaivantoa voidaan asentamisen edetessä koko ajan kaivaa eteenpäin tai vastaavasti täyttää rakennettua putkilinjaa. Paineellisena rakennettaessa taloliittymät voidaan liittää suoraan uuteen runkolinjaan, joten uudelleen esiinkaivuulta vältytään ja se tuo työhön tehokkuutta. Työntekijöiden näkökulmasta paineellisena rakennettaessa törmää useisiin vesikatkoksiin työviikon aikana. Vesikatkot onkin suunniteltava tarkkaan, jottei työseisahdukset venyisi pitkiksi. Vesikatkoista on ilmoitettava veden käyttäjille urakoitsijan toimesta vähintään vuorokautta ennen ja vesikatkon pituus on oltava mahdollisimman lyhyt aiheuttaen mahdollisimman pienen häiriön veden käyttäjille. Toisin sanoen välillä työntekijöille väistämättä tulee työseisahdus tai vastaavasti vesikatkon aikana työ on hyvin kiireellistä, jotta vesipaine saadaan nopeasti takaisin liitostöiden jälkeen. Paineettomana rakennettaessa ei tarvitse erikseen vesikatkoksia tehdä, koska saneerattava linja ei ole vielä liitetty käyttöön olevaan verkostoon. Paineettomana rakentaminen on työtahdillisesti tasaisempaa asentamista, koska putkia voi liittää toisiinsa sitä mukaan, kun putkikaivantoa valmistuu. Paineettomana rakentaminen vaatii kuitenkin talohaarojen uudelleen esiinkaivamisen, joten tietyt asiat joudutaan tekemään kahteen kertaan saneerauksen aikana. Paineettomana rakentamisessa on putkikaivannon ympärillä oltava hyvin tilaa, eikä liikenne saa olla liian raskasta putkikaivannon lähellä, koska muutoin paineellisena rakentaminen tulee työteknisesti tehokkaammaksi.

## 7 LASKUTTAMISEN HAASTEET

### 7.1 Lähtökohdat

Opinnäytetyöhön liittyvän Varkauden -projektin laskutus tapahtuu yksikköhintaperusteisesti. Laskutettavia asioita ovat muun muassa maaleikkaus, mikä vesihuollon saneerauksessa tarkoittaa putki-kaivantoa. Vesihuoltoon tarvittavat tarvikkeet laskutetaan, kuten on urakkaohjelmassa mainittu, ja näihin tarvikkeisiin kuuluu puhdas-, jäte- ja hulevesiputket liitososineen sekä venttiilit ja kaivot tarvikkeineen. Lisäksi erikokoisia tonttijohtoja on liitettävä supistusliitosten avulla haluttuun kokoluokkaan ja tonttihaaroihin on tehtävä porasatula. Saneerauksen yhteydessä tilaajan niin halutessa voidaan myös olemassa olevien kaivojen kansistot vaihtaa kelluviin kansistoihin, mitkä nekin lisätään erilliselle laskutuspohjalle. Laskutettavia kohteita tulee pienemmälläkin saneeraustyömaalla paljon, ja laskutuspohjalle tarvikkeiden ylöskirjaaminen on pääsääntöisesti työntekijöiden ja osittain työnjohdon tehtävänä asentamisen yhteydessä. Mikäli urakassa jää huomioimatta tärkeitä laskutettavia yksityiskohtia, jää näin ollen tärkeitä työsuorituksista myös korvaus saamatta. Tutkimushaastattelun avulla selvitettiin, mitä erityisesti työntekijät ovat laskutuspohjasta mieltä ja onko heillä tiedossa mitä kaikkea laskutetaan. Laskutuspohja olisi saatava mahdollisimman yksinkertaiseksi, että säästettäisiin aikaa työntekijöiltä ja työnjohdolta monisteen täyttämiseen.

### 7.2 Laskutuspohjan uusiminen

Työntekijöille pidetyssä haastattelussa vahvistettiin nykyisen laskuttamisen olevan hieman epäselvää, eikä työntekijöitä ollut tarpeeksi opastettu vesihuoltotarvikkeiden kirjaamiseen. Vesihuoltotarvikkeiden kirjaamisessa epäselvyyttä toivat useat erillään toisista olevat lomakkeet. Tämän vuoksi toivottiin jatkossa vain yhtä A4-kokoista lomaketta, mistä kaikki tarvittava löytyisi selkeästi. Tässä kohtaa haluttiinkin, että uudesta lomakkeesta poistettaisiin kaikki ylimääräinen ja jäljelle jätettäisiin vain työmaakohtaiset vesihuoltotarvikkeet. Vesijohtoverkostoa rakentaessa perinteisellä menetelmällä syntyy paljon kaivantometrejä, mitkä on myös otettava tarkkaan ylös kaivannon kaivamisen edetessä. Haastattelussa paljastui, ettei maaleikkauksessa kaivettavien massamäärien ylöskirjaaminen ollut kovinkaan selvää työntekijöille. Kaivannon mittoihin haluttiinkin tilannetta selventämään oma sarake lomakkeeseen, mihin voitaisiin tietyn välimatkoin merkitä kaivannon leveys ja korkeus. Tällä hetkellä vesihuollontarvikkeet -lomaketta on täytelty määrittelemättömän ajan, minkä vuoksi työntekijöiden puolelta tulikin toive, että lomakkeen täyttäminen olisi hyvä aloittaa aina alkuviikosta ja palauttaa työmaainsinöörille loppuviikosta. Viikon ajalta täytettävästä lomakkeesta näkisi myös nopeasti työsaavutuksen sekä mahdollisten viikolla esiintyneiden ongelmien vaikutuksen työsaavutukseen. Pitkällä tähtäimellä katsottuna jokainen viikko erikseen ylös kirjattuna saadaan keskimääräinen työsaavutus nykyiselle työmenetelmälle, kun lappuun merkittäisiin lisäksi työryhmän koko saneeraustyömaalla.

Työntekijöiden haastattelun pohjalta sekä työnjohdon tukemana laskutuspohja muutettiin kaksi kahden A4-paperin kokoiseksi. Laskutuspohjaan sisällytettiin vesihuolto -kaivannon mittaaminen, mikä sidottiin paalukohtaiseksi. Työnjohdon kanssa sovittiin, että kaivannon mitat kirjataan ylös lomak-

keeseen aina kun ne muuttuvat. Laskutus pohjaan eriteltiin selkeästi tärkeät kokonaisuudet, jotta laskutus pohjan lukeminen olisi yksinkertaista. Laskutus pohjaan ryhmiteltiin erikseen vesihuollon erikoisosat ja -työt, vesijohto-osat, sadevesiviemäröinnin osat, jätevesi- ja paineviemäröinnin osat sekä sujutuksen osat. Laskutus pohjaan ei jokaista putkikokoa tai erikoisosaa olisi mahtunut, joten työn johdon kanssa sovittiin, että laskutus pohjaa muokataan aina työmaakohtaiseksi. Laskutus pohja on kuitenkin tehty helposti muunneltavaksi, joten laskutus pohjan muokkaaminen työmaakohtaiseksi, käy vain muutamia putkikokoja ja erikoisosia muuttamalla.

## 8 JOHTOPÄÄTELMÄT

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää vesihuollon saneerauksen työmenetelmiä kustannustehokkuuden parantamiseksi sekä uudistaa laskutus pohjaa. Saneerauksen haasteena on olemassa olevan yhdyskuntatekniikan sijaintitiedon tarkan määrittämisen vaikeus. Vanha tekniikka on voitu rakentaa jo yli 50 vuotta, jolloin ei vielä ole ollut käytössä tarkemittauksia. Tekniikan olemassaolon takia uuden vesihuoltolinjan rakentaminen on ahdasta ja hidasta johtuen katualueen rajallisesta leveydestä sekä kiinteistöliittymien aukipitamisestä. Vesijohdon aukikaivamisen työmenetelmä on pitkään käytetty tapa, ja se on vesijohtolinjoissa sijaitsevien kiinteistöhaarojen vuoksi varmin tapa saada aikaan jopa 100 vuotta kestävä vesijohtoverkko. Erityisesti, mikäli alueelta puuttuu hulevesiviemärinti, on kahden linjan rakentaminen samaan kaivantoon edullisin vaihtoehto, kun huomioi rakennettavien vesihuoltoverkkojen linjauksen valmiiksi louhittuun kanaaliin. Suunnitelmiin voi tulla paljon muutoksia erityisesti lähtötietojen paikkaansa pitämättömyyden vuoksi, jolloin työn johdon ja suunnittelijan tarvitsee tehdä pikaisia päätöksiä suunnitelmamuutoksien puolesta. Mahdollisista riskeistä projektia kohtaan olisi hyvä keskustella sekä urakoitsijan, että tilaajan kannalta, jotta viivytyksiltä välttyttäisiin ja hankeohjelman mukaiset saneerausurakat tulisi suoritettua ajallaan. Ongelmia työmenetelmään vesijohtojen saneerauksessa aiheuttaa lukuisat vesikatkot, jotka vaikuttavat työntekijöiden motivaatioon kestäytyvän työn vuoksi. Vesikatkojen minimoimiseksi on hyvä kehittää ratkaisuja, joilla saadaan työntekijätkin motivoituneimmaksi.

Massojen kierrättäminen työmaiden välillä on tärkeää, että vältetään käyttökelpoisten maa-aineksien kuljettamiselta kaatopaikalle tai läjitysalueelle. Maankaatopaikkaakin on urakoitsijan hoidettava, joten sinne ajettavien massojen vähentäminen vähentää myös näiden alueiden kunnossapidon sekä laajentamisen tarvetta. Täysin rakenteeseen kelpaavan soran tai murskeen hyötykäyttö uudelleen on ympäristöllisistä ja taloudellisista näkulmista katsottuina tärkeää, ja asiaa on hyvä painottaa myös maa-aineksia kaivaville ja kuljettaville työntekijöille. Saneeraustyömailla joutuu usein leikkaamaan vanhan rakenteen auki putkikaivantoa kaivaessa, mikä on työnsuunnittelussa otettava huomioon kaivannon täyttämässä. Paras hyöty tehokkuuden puolesta saadaan, kun maa-aines ei päädy auton lavalle, vaan se voidaan läjittää sopivalle etäisyydelle kaivannosta. Tämä taas katualueen rajallisen tilan vuoksi ei ole aina mahdollista, ja sen vuoksi rakenteisiin kelpaavia massoja onkin hyvä siirrellä toiselle saneeraustyömaalle.

Koneohjauslaitteita Destia vaatii jokaiselta koneurakoitsijalta, joten koneohjausmalleja voidaan hyödyntää myös saneerauskohteissa. Koneohjausmalleja laadittiin lähinnä vain niihin projekteihin, joissa uusittiin vesihuollon saneerauksen lisäksi myös kadun rakennekerroksia. Myös vesihuollon saneerauksessa säästetään mittauskuluissa, kun koneohjausmallin avulla työmaalla työskentelevät näkevät rakennettavien kaivojen paikat, uuden tai nykyisen katualueen rajat, ajoradan reunat ojineen sekä olemassa olevien kaapeleiden ja johtojen sijainnin suoraan mallista. Ilman koneohjausmallia esimerkiksi kaivojen sijainti sekä ajoradan reunojen sijainti on käytävä mittamiehen erikseen mitaamassa, mikä tuo omat kustannuksensa. Arinasyvyyden perusteella tehty putkikaivanto koneohjausmallin avulla auttaa kaivinkoneenkuljettajaa ylikavuulta ja vähentää ylimääräisiä mittauksia kaivannon syvyyden tarkastamiseksi. Koneohjausmallin avulla työmaalla vähentyy papereille tulostettujen suunnitelma-, vesihuoltoverkko- ja kaapelikarttojen tutkiminen, kun kattavasta koneohjausmallista voitaisiin putkikaivantoa kaivaessa nähdä parhaassa tapauksessa johtojen ja kaapelien risteäminen.

Laskuttamisen ongelmana on ollut useiden erillisten vesihuoltotarvike -lomakkeiden määrä. Työntekijät eivät tienneet tarkkaan, mitä töitä ja tarvikkeita lomakkeisiin merkataan. Lomakkeen täyttämisen opittiin toisen työntekijän avulla, ja lomakkeen täyttäminen oli satunnaista päivän mittaan. Erityisesti kaivantoon liittyvien maa-aineksien laskutus oli työntekijöillä epäselvällä pohjalla. Laskutuksen yksinkertaistamisen vuoksi laskutus pohja uusittiin yksikköhintaluettelon pohjalle, mistä karsittiin kaikki työmaalle tarpeeton pois. Laskutus pohjaan lisättiin kaivannon syvyyden, leveyden ja korkeuden mittaaminen, mikä sovittiin mitattavan aina kun vesihuolto -kaivannon mitat muuttuvat aiemmin ilmoitetusta. Työntekijöiden haastattelun ja työnjohdon ajatusten perusteella laskutus pohja tehtiin kahdelle A4-paperikoolle excel -pohjaisena, mistä löytyy vain saneeraustyömaalle tarvittavien putkien, kaivojen sekä muiden laskutettavien erikoisosien ja -töiden luettelo. Laskutus pohja auttaa myös työmaainsinööriä saneeraustöiden laskuttamisessa, koska excel -pohjaan on helppo saada yksikköhintojen avulla kokonaishinta laskutettaville töille.

Tärkeimpänä asiana tehokkuuden kehittämisessä on tilaajan puolelta saatujen lähtötietojen hankkiminen. Lähtötietojen todenperäisyys on tilaajan toimesta tarkistettava ennen niiden käyttämistä suunnitelmissa. Lähtötietojen niukkuus vaikuttaa koneohjausmalleihin niiden jatkuvana päivittämisenä, rakennusmateriaalien hankkimisen riskinä työmaalle sekä työnsuunnitteluun aikataulun ja kustannusten muuttumisen vuoksi. Lähtötietoihin voi liittää myös työselostusten puuttumisen, koska jokainen saneerauskohde on erilainen luonteeltaan ja olisi työselostukseen hyvä selvittää, mitä saneerauksessa kuuluu urakoitsijalle ja mikä ei. Lähtötietojen kehittämiseen kuuluu myös johtokarttojen hankkiminen. Tällä hetkellä kaapelikartat joudutaan hankkimaan eri operaattoreilta, kun taas sähköisessä muodossa toimitetut kartat voitaisiin liittää taustakartaksi suoraan koneohjausmalliin. Tällä hetkellä taustakartaksi saadaan olemassa oleva vesihuoltoverkosto, mutta tähän kun vielä saadaan lisättyä sähkö- ja telekaapelit, saadaan työmaalle toimitettuja paperikuvia vähennettyä huomattavasti.

Toiseksi tärkeimpänä kehityskohteena on paineellisena rakennettaessa vesikatkojen minimointi ja sen työajan säästön antama kustannustehokkuus. Vesikatkoja tulee aina saneerauksen yhteydessä,

mutta tarkalla työsuunnittelulla voidaan välillä asentaa pidempiä osuuksia kerralla, ja näin ollen säästää muutamia vesikatkoksia pois saneerauksen kokonaisajalta ja tehostaa tuotantoa tehokkaamman asentamisen muodossa. Tämä vaatii hyvää asennetta työntekijöiltä sekä joustamiskykyä työaikoihin, jotta pidemmät kaivannot saadaan täytettyä työpäivän aikana. Työnjohdolta se vaatii valvonnan tehostamista, jotta työseisahdukset saadaan minimoitua.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

DESTIA 2014. Urakkakilpailutus. Destia.fi. [viitattu 2017-11-09] Saatavissa:

<https://www.destia.fi/uutishuone/tiedotteet/destia-voitti-varkauden-kunnallistekniikan-urakkakilpailutuksen.html>

HONKAHARJU, Reijo 2016. Diplomityö. [viitattu 2017-11-08]. Saatavissa: [http://www.fistt.net/wp-content/uploads/2016/06/Kaivamattomat-tekniikat-kunnallISRakentamisessa\\_10052016-1.pdf](http://www.fistt.net/wp-content/uploads/2016/06/Kaivamattomat-tekniikat-kunnallISRakentamisessa_10052016-1.pdf)

INFRARYL 2010. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1: Väylät ja alueet. Infra 03-10001. Helsinki: Rakennustieto Oy. [Viitattu 2017-12-20]

INFRATEC 2013. Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraustöiden yleinen työselostus ja määrittämisohje 2013. Helsinki: Suomen Vesilaitosyhdistys ry. [viitattu: 2017-11-01]

KANANEN, Jorma 2010. Opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu, liiketoiminta ja palvelut -yksikkö. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 111. [Viitattu 2017-12-07]

KARTTUNEN, Erkki 2004. Vesihuolto II. Helsinki: RIL ry. [viitattu 2017-11-19]

MUOVITEOLLISUUS. Putkijaoston julkaisu numero 39. PE-putkien puskuhissaus. [Viitattu 2017-11-17] Saatavissa: <http://fluorotech.fi/files/ohjeet/PE-putkiston%20puskuhissausopas.pdf>

MUOVITEOLLISUUS. Putkijaoston julkaisu numero 40. PE-putkien sähköhissaus. [Viitattu 2017-11-17] Saatavissa: <http://fluorotech.fi/files/ohjeet/PE-putkien%20sahkohissausopas.pdf>

RAKENNUSTIETOSÄÄTIÖ 2013. RTS:n toimikunta 326. Vesihuoltoverkkojen saneeraus. Infra 31-710119. [viitattu 2017-11-02]

TEKNIikka JA TALOUS 2017. Suomen vesihuolto ajautumassa kriisiin. Tekniikkatalous.fi. [Viitattu 2017-11-30] Saatavissa: [http://www.tekniikkatalous.fi/talous\\_uutiset/luonnovaratsuomen-vesihuolto-ajautumassa-kriisiin-talla-hetkella-tulevia-ongelmia-siirretaan-eteenpain-ja-piilotellaan-6625901](http://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/luonnovaratsuomen-vesihuolto-ajautumassa-kriisiin-talla-hetkella-tulevia-ongelmia-siirretaan-eteenpain-ja-piilotellaan-6625901)

UPONOR 1990. Kunnallistekniset putkistot, suunnittelijan käsikirja. [Viitattu 2017-12-20]

UPONOR 2009. Yhdyskuntatekniikan käsikirja. [Viitattu 2017-12-08]

URAKKAOHJELMA 2014. Urakka-asiakirja. Varkaus: Varkauden kaupungin tekninen toimi, kunnallistekniikka. [viitattu 2017-11-19]

VAUHKONEN, Aleksi 2017-07-14. Vesijohdon ja huleveden sijoittaminen samaan kaivantoon [valokuva]. Sijainti: Varkaus: Tekijän sähköiset kokoelmat.

VAUHKONEN, Aleksi 2017-08-15. Valurautaisen vesijohdon kiinteitä saostumia [valokuva]. Sijainti: Varkaus: Tekijän sähköiset kokoelmat.

VTT 2013. Vesihuoltoverkoston kunnon ja arvon määrittäminen. Vtt.fi. [viitattu 2017-11-30]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2012/VTT-R-08119-12.pdf>

VÄHÄÄHO, Ilkka 1986. Pohjarakenteet. Helsinki: RIL ry. [viitattu 2017-11-24]



## LIITE 1: UUSITTU LASKUTUSPOHJA

## LIITE 2: HAASTATTELUSUUNNITELMA

Haastattelusuunnitelma	
Suunnitelma	
Tutkimuskysymykset	-Koneohjauksen hyödyntäminen vesihuollon saneerauksessa? -Massansiirtojen hyödyntäminen työmaiden välillä? -Lähtötietojen hankkimisen kehittäminen? -Pystytäänkö työsuunnittelulla tehostaa tuotantoa? -Työmenetelmien vertailu aukikaivamisen ja vaihtoehtoisten menetelmien välillä?
Mitä aineistoa/tietoa tarvitaan tutkimuskysymysten ratkaisemiseksi?	Tietoa, kuinka saneerauksia on ennen tehty ja minkälaisella tehokkuudella. Arvioita tulevista saneeraushankkeista ja niiden vaikutuksesta tehokkuuden kehittämiseen. Tietoa eri työmailla tai paikkakunnilla tehtävistä saneeraustöistä ja niihin käytetyistä työmenetelmistä sekä kokemuseräisesti niiden käyttämisen tehokkuus. Työsuunnittelun tämän hetkinen tilanne ja miten sitä voitaisiin tilaajan puolelta edes auttaa.
Teemahaastattelurunko	Erillisessä taulukossa
Ketä haastatellaan?	Keski-Savon vesi Oy, Arto Koponen, vesihuoltoinsinööri Destia Oy, työnjohtajat Destia Oy, työntekijät
Perehdy haastattelun eettisiin kysymyksiin.	Ennen haastattelua käsitellään salassapitovelvollisuudet, pyydetään lupaa tutkimuksen käyttöön ja analysointiin sekä pyydetään haastateltavan suostumista tutkimukseen
Protokollan suunnitelma	
Mitä kerrotaan haastattelun alussa?	Aiheen valintaa tutkimuksen kohteeksi, lyhyt kuvaus tutkittavasta aiheesta sekä tutkimuksen aikataulu
Mitä kerrotaan tutkimuksen tarkoituksesta ja luottamuksellisuudesta?	Urakkaa koskevien saneerauksien tehokkaammasta läpiviennistä. Luottamuksellisia asioita ovat yksikköhinnat.
Mitä aineistonkeruuvälineitä käytetään (nauhuri, muistiinpanot; niiden tarkkuustaso)?	Haastatteluissa mukana nauhuri, jonka avulla poimitaan haastattelussa käydyt asiat erilliseen dokumenttiin. Dokumentti lähetetään haastateltavalle kommentoitavaksi.
Tutkimuksen toteutus	
Yhteydenotto	Ota yhteyttä tutkittaviin, kerro työn tavoitteet ja sovi tutkimusajan kohta.
Varmista teknisten välineiden toimivuus ja käyttöösaaminen	Harjoittele välineiden käyttöä.
Haastattelutilanne	Mene ajoissa haastatteluun, esitele itsesi ja kertaa tutkimuksen tavoitteet, luottamuksellisuus, kesto ja yhteystiedot. Pyydä haastateltavalta myös lupa tutkimukseen.
Haastattelu	Aloita teemahaastattelu pitäen silmällä teemahaastattelurungon kohtien toteutumista.
Tilaisuuden lopettaminen	Kiitä tutkimuksesta.
Jälkihoito	Toimita litteroitu haastattelu ja johtopäätökset tutkittavalle.
Tulosten hyväksyttäminen	Tutkittavan tulosten hyväksyttämistä voit hyödyntää opinnäytetyösi luotettavuustarkastelussa.

## LIITE 3: TYÖNTEKIJÖIDEN HAASTATTELURUNKO

Teemahaastattelun runko	
Teemahaastattelun runko liitetään omaan opinnäytetyöhön liitteeksi, jotta työn lukija tai arvioitsija voi nähdä, miten kirjoittaja on hahmottanut tutkimuskohteensa.	
Ilmiön/yrityksen taustatiedot	
Yrityksen nimi	Destia Oy, Käsityökatu 42-44, 78210 Varkaus
Toimiala	Infrarakentaminen
Liikevaihto	yli 490 M€ (2016)
Henkilöstö	n. 1500 henkilöä (2016)
Teemahaastattelun toteutus	
Haastattelija	Aleksi Vauhkonen
Ajankohta	20.10.2017 klo 8.45 - 10.00
Haastattelun kesto	Arvio 1h, Toteutunut 1 h 15 min
Haastateltava henkilöt	Jyri Mustonen ja Joni Argillander
Asema	Asentaja ja kaivinkoneenkuljettaja
Teemat	
Teema 1	Koneohjauksen hyödyntäminen vesihuollon saneerauksessa: -Onko koneohjausmallin luonnista ollut hyötyä saneerauskohteissa? -Mistä asioista olette siinä pitäneet? -Koneohjausmalliin liitettävien taustakarttojen hyötykäyttö.
Teema 2	Aukikaivamisen menetelmän kehittäminen. -Onko saneerauksia tehty vain painepäällä, vai myös muutoin? -Väliaikaisen vedenjakelun käyttö saneerauksessa? -Näettekö ongelmakohtia saneerauksen etenemisessä tällä hetkellä?
Teema 3	Käytössä olevat resurssit tehokkuuden näkökulmasta katsottuna: -Kaivinkoneiden ja asentajien määrä. -Tilanteiden mukainen joustavuus.
Teema 4	Laskuttamisessa käytetyn vesihuoltotarvikkeet -lomakkeen uusiminen: -Opastus lomakkeen täyttämiseen? -Massamäärien kirjaamisen yksinkertaistaminen. -Kuinka usein lomaketta täytetty? -Kehitysehdotuksia lomakkeen ulkoasuun ja ohjeistukseen?

## LIITE 4: TYÖNJOHTAJIEN HAASTATTELURUNKO

Teemahaastattelun runko	
Teemahaastattelun runko liitetään omaan opinnäytetyöhön liitteeksi, jotta työn lukija tai arvioitsija voi nähdä, miten kirjoittaja on hahmottanut tutkimuskohteensa.	
Ilmiön/yrityksen taustatiedot	
Yrityksen nimi	Destia Oy, Käsityökatu 42-44, 78210 Varkaus
Toimiala	Infrarakentaminen
Liikevaihto	yli 490 M€ (2016)
Henkilöstö	n. 1500 henkilöä (2016)
Teemahaastattelun toteutus	
Haastattelija	Aleksi Vauhkonen
Ajankohta	9.1.2018 klo 10.00 - 11.30
Haastattelun kesto	Arvio 1h 30 min. Toteutunut 1h 30 min.
Haastateltavat henkilöt	Pertti Mahonen ja Ville Nyysönen
Asema	Työnjohto
Teemat	
Teema 1	<p>Aukikaivamisen menetelmän käyttäminen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Perinteisen saneerauksen mielekkyys työtapana.</li> <li>-Onko saneerausmenetelmässä ongelmakohtia?; Minkälaisia, jos on?</li> <li>-Onko muualla saneeraukset hoidettu paineellisina vai myös muutoin?</li> <li>-Tonttijohtojen saneeraus muualla verrattuna nykyhetkeen?</li> <li>-Väliaikaisen vedenjakelun käyttö muissa projekteissa? Hyötyä vai haittaa?</li> <li>-Puskuhitsauksen ja sähkömuhvihitsauksen erot; Kumpi on käyttökelpoisempi?</li> <li>-Vaihtoehtoisten menetelmien käyttö saneerauksessa?</li> </ul>
Teema 2	<p>Työnsuunnittelun vaiheet saneerauksissa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lähtötietojen saanti tilaajalta; Mitkä ovat tärkeimpiä saneerauksen onnistumisen kannalta?</li> <li>-Onko saanut riittävästi ja onko olleet luotettavia?</li> <li>-Mikä on ollut tämän hetken tapa suunnitella töitä ennen aloittamista?</li> <li>-Mitä tarkentavia tietoja toivoisit tilaajalta jatkossa?</li> </ul>
Teema 3	<p>Maa-ainesten hyötykäyttö.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Mikä on ollut tämän hetken tapa siirtää rakenteisiin kelpaavia massoja?</li> <li>-Ongelmakohtia siirtämisessä työmaiden välillä?</li> <li>-Kustannussäästö tarkemmalla kierrättämisellä?</li> </ul>
Teema 4	<p>Koneohjauksen hyödyntäminen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Minkälaisiin kohteisiin malleja on tehty?</li> <li>-Onko malleista saatu merkittävää hyötyä vesihuollon saneerauskohteissa?</li> <li>-Taustakarttojen hyötykäyttö mallissa</li> <li>-Koneohjausmallien saanti projekteihin?</li> </ul>

## LIITE 5: KESKI-SAVON VEDEN HAASTATTELURUNKO

Teemahaastattelun runko	
Teemahaastattelun runko liitetään omaan opinnäytetyöhön liitteeksi, jotta työn lukija tai arvioitsija voi nähdä, miten kirjoittaja on hahmottanut tutkimuskohteensa.	
Ilmiön/yrityksen taustatiedot	
Yrityksen nimi	Keski-Savon vesi Oy
Toimiala	Veden otto, puhdistus ja jakelu
Liikevaihto	4,85 M€ (2016)
Henkilöstö	15 henkilöä (2016)
Teemahaastattelun toteutus	
Haastattelija	Alexi Vauhkonen
Ajankohta	9.1.2018 klo 13.00 - 13.30
Haastattelun kesto	Arvio 45 min. Toteutunut 30 min.
Haastateltava henkilö	Arto Koponen
Asema	Vesihuoltoinsinööri
Teemat	
Teema 1	Yleinen saneeraustilanne Varkaudessa. -Minkä verran verkostoissa on saneerausvelkaa? -Hulevesiverkoston rakentamisen tilanne?
Teema 2	Aukikaivamisen menetelmän käyttäminen. -Onko saneerauksia tehty vain painepäällä, vai myös muutoin? -Väliaikaisen vedenjakelun käyttö saneerauksessa?; Saa-daanko sen avulla vesikatkoja vähennettyä? -Näettekö ongelmakohtia saneerauksen etenemisessä tällä hetkellä? -Miten perinteisen menetelmän saneerausta voitaisiin parantaa?
Teema 3	Vaihtoehtoisten menetelmien käyttäminen. -Onko saneerauksia tehty sujuttamalla?; Mitä sujutusratkaisuja on käytetty? -Minkälaisissa kohteissa sujutuksia on käytetty? -Minkälaisia kokemuksia tehokkuuden puolesta? -Vaihtoehtoisten menetelmien käyttö tonttikaduilla?
Teema 4	Saneerausmenetelmät jatkossa. -Tuleeko jatkossa saneeraukset olemaan enemmän sujutuksia vai perinteisiä menetelmiä? -Saneerauksien määrä jatkossa?